

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

ANNÉE 1949

THÈSE

899

POUR LE

DOCTORAT EN MÉDECINE

(Diplôme d'État)

PAR

DRUTEL Pierre, Berthe, Henri

Né le 17 Juillet 1917, à EPINAL

26 OCT 1949

Présentée et soutenue publiquement le 1949

ÉTUDE PHYSIOCLINIQUE

DE

L'ACTION DES EAUX DE LA BOURBOULE

PAR LA

MÉTHODE D'EXPLORATION

DE LA

VENTILATION PULMONAIRE

Président : M. L. JUSTIN-BESANÇON, Professeur.

PARIS

Imprimerie MAISON DE LA BONNE PRESSE

17, Rue Jean-Goujon

1949

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

ANNÉE 1949

THÈSE

N° _____

POUR LE

DOCTORAT EN MÉDECINE

(Diplôme d'Etat)

PAR

DRUTEL Pierre, Berthe, Henri

Né le 17 Juillet 1917, à EPINAL

Présentée et soutenue publiquement le 1949

ÉTUDE PHYSIOCLINIQUE

DE

L'ACTION DES EAUX DE LA BOURBOULE

PAR LA

MÉTHODE D'EXPLORATION

DE LA

VENTILATION PULMONAIRE

Président : M. L. JUSTIN-BESANÇON, Professeur.

PARIS

Imprimerie MAISON DE LA BONNE PRESSE

17, Rue Jean-Goujon

1949

DOYENS HONORAIRES :

MM. Balthazard, Baudouin.

PROFESSEURS HONORAIRES :

MM. Aubertin, Balthazard, Basset, Baudouin, Brindeau, E. Brumpt, Carnot, Chevassu, Chiray, Clerc, Delbet, Guillaïn, Hartmann, Heitz-Boyer, Laignel-Lavastine, Laubry, Lemierre, Lhermitte, Læper, Marion, Mathieu, Mulon, Ombrédanne, Rouvière, Sannié, Sébilleau, Sézary, Tanon.

DOYEN **Léon BINET.**

Membre de l'Institut

ASSESSEUR **Jean VERNE.**

I. — PROFESSEURS

	MM.
Anatomie	OLIVIER (E.)
Anatomie pathologique	LEROUX (R.)
Assistance Médico-sociale	N...
Bactériologie	GASTINEL (P.)
Biologie médicale	VERNE (J.)
Chimie médicale	POLONOVSKI (M.)
Clinique de cardiologie	DONZELOT (E.)
Cliniques chirurgicales	{ BROCC (P.)
	{ CADENAT (F.-M.)
	{ MONDOR (H.)
	{ QUENU (J.)
Clinique chirurgicale infantile et d'orthopédie	N...
Clinique chirurgicale orthopédique	MERLE D'AUBIGNE (R.)
Clinique gynécologique	MOCQUOT (P.)
Clinique des maladies cutanées et syphilitiques	GOUGEROT (H.)
Clinique des maladies des enfants	DEBRE (R.)
Clinique des maladies infectieuses	MOLLARET (P.)
Clinique des maladies mentales et de l'encéphale	DELAY (J.)
Clinique des maladies du sang	CHEVALLIER (P.)
Clinique des maladies du système nerveux	ALAJOUANINE (T.)
Cliniques médicales	{ BENARD (H.)
	{ LAROCHE (G.)
	{ HARVIER (P.)
	{ LIAN (C.)
Clinique médicale propédeutique	PASTEUR VALLERY-RADOT (L.)
Clinique de Neuro-chirurgie	PETIT-DUTAILLIS (D.)
Cliniques obstétricales	{ LANTUEJOUL (P.)
	{ LEVY-SOLAL (E.)
	{ PORTES (L.)
Clinique ophtalmologique	VELTER (E.)
Clinique oto-rhino-laryngologique	LEMAITRE (F.)
Clinique physio-pathologique des problèmes alimentaires (chaire à titre personnel)	RICHET (C.)
Clinique psychiatrique infantile	HEUYER (C.)
Clinique de puériculture	LELONG (M.)
Clinique stomatologique	DECHAUME (M.)



MM.

Clinique thérapeutique chirurgicale	SENEQUE (J.)
Clinique thérapeutique médicale	CHABROL (E.)
Clinique de la Tuberculose	BERNARD (E.)
Clinique urologique	FEY (B.)
Embryologie	GIROUD (A.)
Histoire de la médecine et de la chirurgie	BARIETY (M.)
Histologie	CHAMPY (C.)
Hydrologie thérapeutique et climatologie	JUSTIN-BESANÇON (L.)
Hygiène et clinique de la première enfance	CATHALA (J.)
Hygiène et médecine préventive	JOANNON (G.)
Médecine du Travail	DESOILLE (H.)
Médecine légale	PIEDELIEVRE (R.)
Parasitologie et histoire naturelle médicale	GALLIARD (H.)
Pathologie chirurgicale	DE GAUDART D'ALLAINES (F.)
Pathologie exotique	LAVIER (G.)
Pathologie expérimentale et comparée	LEMAIRE (A.)
Pathologie médicale	MOREAU (R.)
Pathologie et thérapeutique générales	DE GENNES (L.)
Pharmacologie et matière médicale	HAZARD (R.)
Physiologie	BINET (L.)
Physique médicale	STROHL (A.)
Radiologie médicale	DESGREZ (H.)
Rhumatologie	COSTE (F.)
Technique chirurgicale	MOULONGUET (P.)
Thérapeutique	TURPIN (R.)

PROFESSEURS SANS CHAIRE :

BULLIARD (*Histologie*), CORDIER (*Anatomie*), DOGNON (*Physique médicale*),
 HALPHEN (*O. R. L.*), JAYLE M. (*Chimie médicale*),
 M^{lle} J. LEVY (*Pharmacologie*).

II. — AGREGES EN EXERCICE

MM.		MM.	
Anatomie	N...	Pathologie chirurgicale	PADOVANI
	DELMAS		PATEL
	N...ff DEBEYRE		ROUX
Anatomie pathologique	DELARUE		RUDLER
	M ^{lle} GAUTHIER		SICARD
	VILLARS		N...
Bactériologie	BONNET	Pathologie expérimentale	MERKLEN
	FASQUELLE		
Biochimie médicale ..	ETTORI	Pathologie médicale .	BROUET
	SCHAPIRA		CACHERA
Dermato- Syphiligraphie	DEGOS		DECOURT
			DREYFUS (G.)
Histologie	COUJARD		FAUVERT
	DESCLAUX		GARCIN
Hydrologie	DEBRAY		HAMBURGER
Hygiène	BOYER		KOURILSKY
	DEPARIS		LAMY
Médecine légale	DEROBERTE		LENEGRE
Neurochirurgie	PUECH		MARCHAL
Neurologie	DE SEZE		MAURIC
			SOULIE

Obstétrique	{ DIGONNET MAYER SUREAU VARANGOT	Pédiatrie	{ LAPLANE MARIE (J.)
Ophthalmologie	OFFRET	Pharmacologie	CHEYMOL
Oto-rhino-laryngologie	AUBIN	Physiologie	{ BARGETON PARROT
Parasitologie	BRUMPT, L.-C.	Physique médicale ..	DJOURNO
Pathologie	FEVRE	Psychiatrie	BARUK
chirurgicale	{ HUGUIER LEGER	Thérapeutique	
		Agr. ch. d'ens.	BROUET
		Urologie	COUVELAIRE R.

III. — PROFESSEURS HONORAIRES ET AGREGES

RAPPELES A L'EXERCICE

pour le service des examens

MM. BASSET (*Pathologie chirurgicale*), BRINDEAU (*Obstétrique*),
GATELLIER (*Clinique chirurgicale*), HUGUENIN (*Anatomie pathologique*),
LE LORIER (*Obstétrique*), VAUDESCAL (*Obstétrique*).

IV. — PROFESSEURS SANS CHAIRE ET AGREGES

CHARGES DE COURS DE CLINIQUE ANNEXE

à titre permanent

	MM.		MM.
Clinique chirurgicale. {	AMELINE FUNCK- BRENTANO MENEGAUX	Clinique médicale ... {	HAGUENAU MOUQUIN
Clinique médicale ...	BOULIN	Clinique obstétricale . {	ECALLE LACOMME
		Clinique ophthalmologique	RENARD

	MM.
Secrétaire de la Faculté	J. MOREL
Secrétaire-adjoint	M ^{lle} CHAINTREUIL

Bibliothécaire en Chef	Docteur A. HAHN
Bibliothécaires	M ^{lles} DUMAITRE, GOICHON, LAURENT

Par délibération en date du 9 décembre 1798, l'Ecole a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées, doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner aucune approbation ni improbation.

A MES PARENTS

In memoriam

LEUR MÉMOIRE SERA POUR NOUS UN VIVANT SOUVENIR
D'HONNEUR ET DE DROITURE

A MA FEMME ET A MES TROIS ENFANTS

EN GAGE DE MA TENDRE AFFECTION

A MON FRÈRE, A MA BELLE-SŒUR, A MES NEVEUX

A MA BELLE-FAMILLE

A TOUS LES MIENS

Au Professeur Louis JUSTIN-BESANÇON

*Professeur d'Hydrologie thérapeutique et de Climatologie
à la Faculté de Médecine de Paris
Officier de la Légion d'Honneur*

*Qui nous fit le très grand honneur
d'accepter la présidence du Jury de
notre thèse. Nos hommages respec-
tueux.*

A NOS JUGES

Au Professeur GEORGES PETITJEAN

*Professeur Honoraire de Clinique médicale à Dijon
Chevalier de la Légion d'Honneur*

*Qui fut notre premier maître et
orienta nos études. Témoinage de
notre affectueux attachement.*

Au Professeur HENRI-RENÉ OLIVIER

*Ancien Professeur de Clinique médicale à Dijon,
Ancien chargé de Cours à la Faculté de Médecine de Paris
Chevalier de la Légion d'Honneur*

*Qui nous ouvrit son laboratoire,
y guida nos premiers pas et nous
prodigua ses conseils éclairés pour
l'élaboration de cette thèse.*

Notre vive reconnaissance.

Au Docteur MAURICE CARA

*Chef des Travaux de Physique à la Faculté de Médecine de Nancy
Chef du Laboratoire d'Examens fonctionnels
du Centre de Chirurgie thoracique de l'Hôpital Laënnec, à Paris*

*Qui contribua largement à notre
formation, en nous initiant à ses
techniques.*

Nos vifs remerciements.

Au Docteur ROBERT TIFFENEAU

*Ancien Chef de Clinique à la Faculté de Médecine de Paris
Chef des Travaux de Pharmacologie
à la Faculté de Médecine de Paris*

*Qui nous fit connaître la méthode
d'exploration de la fonction respi-
ratoire dont nous avons tiré tant
d'heureux enseignements à La
Bourboule.*

Notre profonde gratitude.

Au Docteur ROBERT MONOD

*Membre de l'Académie de Chirurgie
Commandeur de la Légion d'Honneur*

*Qui nous ouvrit son laboratoire
de recherches du Centre de chirur-
gie thoracique de l'Hôpital Laënnec.*

Notre vive reconnaissance.

A TOUS NOS MAITRES

De la Faculté des Sciences de Dijon.

De l'Ecole de Médecine et de l'Hôpital de Dijon.

De la Faculté de Médecine et des Hôpitaux de Paris.

De l'Institut Colonial et de l'Institut Fournier de Paris.

Du Laboratoire de Chimie médicale de la Faculté de Médecine de Paris.

Du Laboratoire de Bactériologie de la Faculté de Médecine de Paris.

De l'Institut Pasteur de Paris.

De la Sorbonne.

NOS TRAVAUX ANTERIEURS

- Soc. de Biologie, 26 avril 1947. *Action de différentes souches de Bacillus Subtilis sur les glucides*, par P. DRUTEL et H.-R. OLIVIER.
- Soc. Odontologique de France, 27 juin 1947. *Applications thérapeutiques de la Streptomycine*, par P. DRUTEL.
- Soc. de Biologie, 11 octobre 1947. *Etude comparée de l'action antibiotique exercée sur le Bacille de Koch homogène par la Pénicilline, la Streptomycine et l'Endosubtilysine*, par H.-R. OLIVIER et P. DRUTEL.
- Soc. de Biologie, 25 octobre 1947. *Action de trois antibiotiques sur quelques souches de Bacillus Subtilis*, par H.-R. OLIVIER et P. DRUTEL.
- Soc. de Biologie, 14 février 1948. *Action de trois antibiotiques sur quelques souches de Bacillus Subtilis et de germes voisins*, par P. DRUTEL et H.-R. OLIVIER.
- Soc. de Biologie, 10 avril 1948. *Etude de l'action antibiotique exercée par la Pénicilline sur le Bacille de Koch homogène*, par H.-R. OLIVIER et P. DRUTEL.
- Soc. de Biologie, 22 janvier 1949. *Méthode de dépistage des petites insuffisances de la ventilation pulmonaire*, par H.-R. OLIVIER et P. DRUTEL.
- Soc. d'Hydrologie et de Climatologie médicales de Paris. Séance du 12 mars 1949. *Recherches sur l'exploration de la fonction ventilatrice du poumon chez les asthmatiques, en cure thermale à La Bourboule*, par J. CHAREIRE et P. DRUTEL.

A notre époque, dans le domaine du thermalisme, les recherches s'orientent surtout vers l'étude de la composition chimique, des propriétés et du mécanisme d'action des eaux minérales. Cependant, il ne faut pas oublier que bien avant notre ère, avec des moyens rudimentaires, par simples déductions empiriques, nos ancêtres avaient déjà mis en évidence et utilisé les principes thérapeutiques de presque toutes les sources thermales connues à l'heure actuelle.

Le contraste qui existe entre la simplicité de leur essence physicochimique et l'étendue de leurs pouvoirs thérapeutiques frappent l'esprit de tous ceux qui s'attachent à leur étude. Il est donc fort intéressant de vérifier leurs activités par des techniques aussi précises que possible, ayant pour but de remplacer l'observation clinique par des mesures éliminant, autant que faire se peut, tout coefficient d'interprétation personnelle. Nous avons désiré, à La Bourboule, participer à cette œuvre; telle est la raison du présent travail.

Qu'il nous soit permis, notre tâche terminée, alors que nous quittons avec un profond regret les horizons bourbouiens, de remercier vivement la Société des Grands Thermes de La Bourboule et surtout son actif directeur, M. BURONFOSSE, qui nous aidèrent avec bienveillance à la réalisation matérielle de notre travail et le corps médical tout entier de la station, particulièrement les Docteurs A. BOUDRY, G. et J. CANY, CHAREIRE, CHAZEAUD, DUBAUD, DULIÈGE, FERREYROLLES, HOUZELOT-MICHELETTI, MESTRIES, Martine ROCHE et ROUX, médecins consultants de La Bourboule.

Qu'il nous soit également permis, au moment de réaliser notre rêve de jeune étudiant, de remercier ceux qui nous ont servi de maîtres par leurs conseils et leur exemple et principalement le Professeur H.-R. OLIVIER qui, depuis plus de trois ans, nous a permis de participer à quelques-uns de ses travaux, nous guidant avec patience parmi les embûches du laboratoire biologique de recherches, puis nous inspira le sujet de cette thèse et nous conseilla durant sa réalisation.

LA BOURBOULE
ET SON EAU THERMALE

QUELQUES MOTS D'HISTOIRE

Les Origines.

La découverte des propriétés thérapeutiques des Eaux de La Bourboule est en réalité beaucoup plus ancienne que ne le révèle la rumeur qui ne s'attache qu'aux écrits officiels et aux témoignages, éclatants.

A l'époque de la construction du premier établissement thermal en 1820, en effet, les terrassiers mirent à jour d'antiques bains romains, restes incontestables d'un passé ignoré. Ce fait n'a d'ailleurs rien qui puisse surprendre, les vainqueurs des Gaules recherchaient avec trop de persévérance les sources d'eaux chaudes pour ne pas remarquer la haute température de celles de La Bourboule et pour ne pas les utiliser. Par la suite, certes, l'oubli et l'abandon, plus ou moins complets selon les époques, semblent avoir été leur sort. Cependant, de temps en temps, des actes et des relations nous témoignent de leur fréquentation par les indigènes et un vieux titre, datant du 12 juillet 1463, nous apprend qu'à cette époque leurs propriétés guérisseuses étaient bien connues des gens du lieu. Un hospice était construit près des thermes et payait des droits au seigneur de Murat-le-Quaire, commune dont dépendait anciennement le hameau de La Bourboule.

Plus près de nous, en 1605, Jean Banc (1), médecin à Moulins, décrit dans un mémoire de cette époque « une grosse source d'eau chaude qui surgit profondément de dessous terre, est retenue dans un creux tout rond, de circonférence de trois pieds et de profondeur de deux pieds et demi ».

En 1670, Duclos (2), médecin ordinaire du Roy, signale à l'Académie Royale des Sciences l'existence de deux puits, le Bain et la Fontaine, minéralisés à des degrés différents, mais assez voisins l'un de l'autre. Il en établit les premiers dosages chimiques grossiers.

En 1738, Chomel (3) et, en 1744, Le Monnier (4) font des analyses succinctes de ces sources, leur découvrant une forte minéralisation en sel ordinaire.

Puis Planqué (5), en 1753, dans sa classification des eaux thermales, range celles de La Bourboule parmi la première catégorie qui correspond aux sources chaudes contenant du sel commun.

En 1786, Monnet (6) décrit les thermes de Murat-le-Quaire, les montre sans confort et à demi abandonnés.

Enfin, en 1787, Legrand d'Aussy (7) et, en 1805, Delarbre (8) dépeignent à leurs lecteurs leurs sources chaudes.

L'essor moderne.

En 1821, Guillaume Lacoste construit le premier établissement thermal digne de ce nom. Il le transmet quelques années plus tard à J.-B. Choussy-Dubreuil (9) qui en relate une description détaillée en 1828. Puis, grâce à la persévérance des membres de la famille Choussy, véritable fondatrice de La Bourboule, une station thermale se crée sous son impulsion ainsi qu'en témoignent les écrits successifs de Nivet 1846 (10), Pierre Choussy 1850 (11), Baraduc-Faugière 1854 (12), Peironnel 1865 (13), Tardieu 1884 (14), Nicolas 1888 (15), Maurel 1911 (16), Cany 1922 (17), Godonnèche 1923 (18).

Quelques chiffres, dans leur sécheresse, parlent mieux que tout autre discours et décrivent simplement cette rapide ascension : au hameau de La Bourboule vivaient 97 âmes en 1860, 800 habitants demeuraient en 1875 dans ce lieu érigé en commune, plus de 2.500 personnes séjournent actuellement dans cette ville. Le nombre des baigneurs passe de 400, en 1859, à 4.000 en 1876, jusqu'à 11.500 en 1910, pour atteindre, malgré la tourmente passée près de 15.000 de nos jours.

Nous laisserons à d'autres plus qualifiés le soin de décrire amplement les ressources thermales ou touristiques de La Bourboule pour relater simplement l'évolution historique de ses indications thérapeutiques et citer au passage les principaux travaux s'y rattachant.

Les spécialisations de La Bourboule suivant les époques.

Dès 1823, Michel Bertrand (19), inspecteur des Eaux au Mont-Dore, s'exprimait ainsi : « Quant aux affections strumeuses, quels qu'en soient la forme, le siège et le degré, je ne crois pas (telle est du moins ma conviction) que nulle eau jusqu'alors puisse les disputer à La Bourboule ». Les indications thérapeutiques de cette station étaient ainsi tracées dans leurs grandes lignes. Selon les époques et les écoles d'ailleurs, elles se retrouvent sous des appellations différentes : scrofule, lymphatisme, arthritisme, en fait elles restent toujours semblables dans leur essence.

Après les recherches de Lecoq (20), qui fit le premier dosage analytique de ses eaux thermales, puis du Baron Thénard (21) qui

y découvrit, en 1854, l'arsenic en quantité considérable par rapport aux autres sources arsenicales, enfin, de Léfors (22) qui en établit la constitution chimique complète, La Bourboule devient un centre d'attraction pour les cliniciens et les thérapeutes. C'est entre 1865 et 1875 que les indications fondamentales de la station ont été posées par les médecins consultants et renforcées par les autorités de Bazin et de Guéneau de Mussy. Ce furent tout d'abord les dermatoses qui retinrent surtout leur attention, grâce aux expériences faites à Saint-Louis par Bazin (23) et à l'Hôtel-Dieu par Guéneau de Mussy (24), en 1866-1867. Escot (25), Noir (26), Vérité (27) appuyèrent également dans ce sens.

Parallèlement à cette indication majeure d'alors, des recherches étaient effectuées sur d'autres voies. Guéneau de Mussy contribua à introduire les affections des voies respiratoires dans le champ de la thérapeutique bourboulennaise; puis Pradier (29) utilisa le premier les eaux par le mécanisme de l'inhalation, encouragé et guidé par Chateau (30), autre médecin de la station. Ils constatèrent une amélioration auprès de tous les malades atteints de bronchite chronique.

Hardy, en 1871, vint de Paris appliquer ce traitement à de nombreux asthmatiques. Ce fut un succès. Si en 1869 quelques bronchitiques seulement étaient arrivés à La Bourboule, en 1875, sur 2.500 curistes, 600 étaient des pulmonaires. Peu à peu on s'aperçut d'ailleurs de la liaison existant entre certaines affections de la peau et des voies respiratoires et on considéra ces phénomènes comme étant des manifestations d'une commune diathèse. La Bourboule étendit son domaine d'action des dermatoses aux maladies pulmonaires.

D'autres terrains étaient d'ailleurs également explorés. Les succès obtenus contribuèrent à donner à cette station un renom grandissant.

Gubler (30), en 1870, faisait remarquer que les eaux de cette dernière avaient une minéralisation voisine de celle du plasma sanguin et montrait leur action reconstituante et leur assimilation relativement facile, malgré leur forte concentration en arsenic. Les anémies et par extension certaines maladies coloniales, dès lors, étaient justiciables d'un traitement bourboulennais.

A la même époque L. Choussy (31), élève de Guéneau de Mussy, prit l'initiative du traitement du diabète à La Bourboule, qui trouva sa consécration quelques années plus tard par les remarquables travaux de Danjoy (32).

G. Clérault, dans sa thèse, en 1877 (33), décrit d'une façon précise et détaillée les indications thérapeutiques d'alors. Il insiste sur le terrain lymphatique et scrofuleux et sur les manifestations symptomatiques de cette diathèse. Il appuie sur les dermatoses (affections squameuses, eczémas, pityriasis et psoriasis) et sur les phlegmasies chroniques de l'appareil respiratoire (bronchite chronique et asthme). Il cite également les chloroses et les états de dénutrition, le rachitisme, le diabète, la cachexie palustre. Il con-

clut ainsi : « Les eaux chlorurées sodiques, bicarbonatées et arsenicales de La Bourboule représentent un médicament puissant, c'est un agent précieux qui demande à être manié avec prudence. Ce n'est point une panacée, mais un médicament réel, un médicament sérieux auquel on peut prédire un avenir des plus prospères ».

Depuis cette époque héroïque, les principales publications n'ont fait que confirmer les études de ces premiers défricheurs.

Actuellement toutefois, l'orientation générale a quelque peu varié et malgré les magnifiques résultats signalés par Dauzat en 1887 (34), Meneau en 1896-1900 (35), Veyrières en 1898 (36), Ferreyrolles en 1904 (37), Rongier en 1922 (38), Pierret en 1924 (39), G. Cany en 1925 (40), Mme Eyraud-Dechaux en 1933 et 1947 (41), Treil en 1939 (42), et Jumon en 1947 (43), malgré l'introduction dans l'arsenal thérapeutique bourboulilien de la douche filiforme par Veyrières en 1913 (44), les dermatoses ne sont plus l'indication majeure de La Bourboule.

Aujourd'hui, ce sont en premier lieu le lymphatisme et ses manifestations infantiles qui sont devenues l'apanage thérapeutique de cette station qui, de ce fait, est devenue la grande ville d'eau des enfants. Le Congrès du lymphatisme qui eut lieu en 1934 à La Bourboule consacra cette thèse par de nombreux rapports. Il fut dominé particulièrement par ceux de : Marfan (45), Nobécourt (46), Debré (47), Lereboullet et Odinet (48), Gaté et Michel (49), Gillet (50), Chabrol (51), Anglada (52), Halle et Ferreyrolles (53).

La même année, G. Cany montra l'action efficace de l'Eau de Choussy-Perrière dans le traitement de l'adénopathie trachéo-bronchique (54).

Mais La Bourboule est aussi, sur un pied d'égale importance, une station des voies respiratoires, grâce aux travaux réalisés dans ce sens et aux succès obtenus par Landouzy en 1881-1882 (55), Verdalle, 1901 (56), J. Boudry, 1906 (57), G. Cany, 1910 (58), Halle et Ferreyrolles, 1927 (59), Villaret et L. Justin Besançon, 1932 (60), Guillot, 1935 (61), Garraud, 1937 (62), G. et J. Cany, 1948 (63) et Jumon, 1948 (64).

Godonnèche, dans sa thèse, écrit en 1923 (18) : « Le traitement des voies respiratoires a pris à La Bourboule une importance de plus en plus grande. L'arsenic est eupnéique, et anticatarrhal, le bicarbonate de soude s'éliminant par la muqueuse bronchique joue un rôle topique... Il faut tenir compte aussi, à côté de l'effet local, de l'amélioration de l'état général. Les affections des voies respiratoires supérieures (rhinites simples, hypertrophiques ou atrophiques, asthme des foin, végétations, laryngites chroniques) et les affections pulmonaires (bronchites chroniques, emphyseme, asthme, adénopathies trachéo-bronchiques) liées aux diathèses asthmatique et lymphatique sont justiciables de la cure bourboulilienne. Les troubles fonctionnels (dyspnée, toux spasmodiques) s'amendent. Le Mont Dore, d'après Verdalle, attaque la lésion mais agit peu sur le terrain, La Bourboule modifie le tempérament. Le Mont Dore est

calmant, La Bourboule est excitante. Au Mont Dore on reçoit les congestifs, à La Bourboule les torpides. »

Plus récemment, Garraud, dans sa thèse (62) donnait comme indication majeure le lymphatisme à manifestations respiratoires, lymphatisme rhinopharyngé avec hypertrophie du tissu lymphatique, lymphatisme des voies respiratoires inférieures, adénopathies trachéo-bronchiques non tuberculeuses et dilatation des bronches. Il insistait également sur l'arthritisme à manifestations respiratoires chroniques : bronchite chronique et bronchorrhée arthritique, asthme arthritique, emphysème pulmonaire, laryngite striduleuse et toux spasmodiques.

Sur un autre plan, on voit peu de diabétiques à La Bourboule actuellement et cependant de remarquables résultats y ont été obtenus, comme en témoignent dans leurs écrits, Eymery, 1887 (65), Lafon, 1896 (66), Meneau, 1896 (35), Sersiron, 1904 (67), Verdalle, 1905-1906 (68), Huguet, 1907 (69), Fleig, 1908 et 1909 (70), Labbé, 1921 (71), Duhot, Bizard et Cuvelier, 1934-1935 (72) et Mestries, 1936 (73). Ce dernier définit d'une façon précise les formes cliniques du diabète relevant de La Bourboule : le diabète simple sans dénutrition azotée, La Bourboule a sur Vichy l'avantage de ses conditions atmosphériques et son altitude, le diabète consomptif avec acidose, avec anémie et en particulier le diabète infantile, le diabète associé au paludisme. Les contre-indications sont générales : tuberculoses, cirrhoses, néphrites, affections cardiaques, maladies aiguës.

Enfin, à la suite des travaux déjà cités de Gubler, quelques auteurs ont insisté sur le rôle actif des Eaux de La Bourboule dans les anémies et dans le paludisme : Maurel, 1901 (74), Nicolas, 1908 (75), Huchard et Fiessinger, 1912 (76), J. Boudry, 1912 (77), A. Boudry, 1924 (78), M. Marian, 1936 (79) et Jumon, 1947 (43).

Boudry, dans sa thèse, après avoir rappelé que l'Hôpital thermal avait servi pendant la guerre 1914-1918 de centre de traitement pour les rapatriés paludéens du front d'Orient, conclut : « La pratique thermale de l'arsenic à La Bourboule crée un état de résistance organique par l'hyperleucocytose et la stimulation générale d'origine médullaire que provoquent son action. Elle tend à stériliser l'organisme et à détruire les hématozoaires. » A l'heure présente, ce domaine reste toutefois de second plan parmi les indications de La Bourboule.

Terminons en citant quelques recherches actuelles qui contribuent à étudier l'action de l'Eau de Choussy-Perrière sur le déséquilibre hormonal, les troubles prépubertaires et sur la croissance : Jumon (80), 1947.

Conclusion.

Ainsi La Bourboule, station thermale, au passé relativement récent, mais à l'avenir plein de promesses, a donc vu évoluer ses spécialisations thérapeutiques.

Nous ne pouvons que constater cet état de chose, sans vouloir prendre parti, n'étant pas qualifié pour le faire. Certes, à la base on retrouve toujours le même terrain, mais les manifestations des diathèses lymphatiques et arthritiques qui sont ses indications majeures, ont varié. D'abord orientée surtout vers les dermatoses, cette station est aujourd'hui, avant tout, celle des enfants adénoïdiens et des malades de tout âge subissant des manifestations pulmonaires chroniques à type spasmodique ou catarrhal. Il semble toutefois bien regrettable que, malgré les résultats obtenus et contrôlés, certains diabétiques, certains coloniaux paludéens, certains sujets atteints de dermatoses sèches aient abandonné le havre bourboulien.

BUT DE CE TRAVAIL

Position du problème.

Parmi les indications thérapeutiques de La Bourboule, il nous fut donné de relever les affections respiratoires qui actuellement amènent le plus grand nombre de curistes dans cette station thermale. Son action manifestement acquise subjectivement et cliniquement sur ce terrain, devait, pensions-nous, reposer sur un phénomène mesurable sur le malade lui-même puisque, de par ses propres affirmations, il en ressentait l'effet bienfaisant. C'est à la démonstration pharmacodynamique de ce principe guérisseur qu'a tendu le travail que nous avons effectué durant la saison 1948 à La Bourboule, c'est à la description détaillée de ce dernier et à la discussion des résultats obtenus que nous convions nos juges.

Mise au point de la méthode d'étude.

Devant le problème à résoudre, c'est-à-dire la vérification de l'action de l'Eau de La Bourboule sur certaines affections pulmonaires, le premier écueil à franchir était la mise au point d'une technique physioclinique adaptée aux circonstances. Celle-ci devait être simple et facile puisque la clientèle bourboulienne est surtout de première jeunesse, elle devait être aussi rigoureuse et sensible puisque nous allions être mis en présence d'insuffisances respiratoires légères que nous aurions à déceler et à évaluer.

Dans un premier chapitre, nous décrirons la méthode que nous avons retenue, nous dirons pourquoi nous l'avons choisie et nous montrerons comment elle nous a permis d'étudier nos malades et de leur donner à chacun une série de coefficients bien secs dans leur énoncé, mais utiles par leur enseignement.

Application de cette méthode à l'étude des Eaux de La Bourboule.

Ce ne fut donc qu'après ce choix qu'il nous fut permis de faire l'étude des Eaux de La Bourboule directement sur les malades puisque nous pouvions évaluer leur fonction pulmonaire et mesurer ses variations.

Notre deuxième chapitre portera donc sur l'action de l'Eau de Choussy-Perrière, appréciée par mesures comparatives de la fonction respiratoire des sujets avant et après une cure de 21 jours; nous traiterons ensuite des variations de son activité selon les différentes pratiques thermales utilisées dans la station pour le traitement des affections pulmonaires. En dernier lieu, nous discuterons son pouvoir bronchodilatateur sur la bronche contracturée du malade, en rapprochant nos résultats de ceux déjà obtenus il y a dix-huit ans par les professeurs Villaret et Justin Besançon sur la bronche isolée de l'animal d'expérience.

**L'EXPLORATION FONCTIONNELLE
DE LA VENTILATION PULMONAIRE
AUX
GRANDS THERMES DE LA BOURBOULE
EN 1948**

I

RAPPEL

DES ETUDES PHYSIOLOGIQUES ANTERIEURES EFFECTUEES SUR L'EAU DE CHOussy-PERRIERE

Avant de passer à l'étude de la Ventilation Pulmonaire, puis des résultats que nous avons obtenus par sa mesure systématique, chez les curistes à La Bourboule durant la saison 1948, il nous semble utile de rappeler que de nombreux travaux ont déjà été effectués sur l'eau thermale de cette station.

Un ensemble important de recherches eut tout d'abord pour but d'établir les propriétés physicochimiques et physiologiques de l'Eau de Choussy-Perrière. Depuis une vingtaine d'années, d'autre part, sous la direction des professeurs Villaret et Justin Besançon, un groupe homogène de publications a permis de mettre au point ses principales propriétés pharmacodynamiques expérimentales. Ce sont celles-ci, d'ailleurs, qui nous ont servi de point d'appui pour établir notre travail.

Propriétés chimiques.

Le premier dosage élémentaire des Eaux de La Bourboule, avons-nous déjà dit, date de 1862 et fut effectué par Lefort (22) après la découverte de l'arsenic par le baron Thénard, en 1854, dans l'eau du Grand Bain (21). Voici les résultats de deux analyses faites

à des époques bien éloignées l'une de l'autre, sur deux sources différentes par leur émergence, mais probablement très voisines par leur origine.

Dosage de Lefort et Bouis Source Grand Bain 1868 d'après la Thèse de Grandpierre (81)		Analyse effectuée en 1937 Source Choussy-Perrière d'après la Thèse de Garraud (62)	
Arsenic métallique ...	0,00705 gr.	Acide carbonique libre.	1,7664 gr.
Acide carbonique	0,0518 —	— des bicarbonates.	1,8170 —
Chlorure de sodium..	2,8406 —	— chlorhydrique .	1,8513 —
— de potassium	0,1623 —	— sulfurique	0,1175 —
Chlorure de lithium ..	traces	— arsénique	0,0181 —
Bicarbonate de soude .	2,8920 —	Silice	0,1200 —
Chlorure de magné- sium	0,0320 —	Chaux	0,0735 —
Bicarbon. de calcium.	0,1905 —	Magnésie	0,0135 —
Sulfate de soude	0,2084 —	Potasse	0,1075 —
Peroxyde de fer	0,0021 —	Soude	2,4121 —
Oxyde de manganèse .	traces		
Acide salicylique	0,1200 —		
Alumine	traces		
Par litre d'eau :		Par litre d'eau :	
TOTAL	6,50 —	TOTAL	6,50 —

(0,0181 gr. d'acide arsénique correspond à 0,007 gr. d'arsenic métalloïdique à XXXI gouttes de liqueur de Fowler et à 0,0108 gr. d'arséniate de soude.

Il faut tout d'abord mettre en lumière la constance assez remarquable des résultats obtenus dans les différents dosages effectués en tenant compte de la diversité des méthodes utilisées et de l'expérience variable des manipulateurs. Voici, en effet, un tableau extrait de la thèse de Grandpierre (81).

**Différents dosages de l'arsenic métalloïdique
exprimé par litre d'Eau de Choussy-Perrière**

1876	Ecole des Mines.	4,5 mgr.	1878	Millot	7 mgr.
1876	Lefort	4,75 —	1878	Riche	4,6 —
1876	Lefort	4,83 —	1879	Wilm	5,42 —
1876	Carnot	7,5 —	1923	Léonardon	5,6 —
1877	Truchot	6,01 —	1928	Grandpierre	6 —
1877	Lefort et Bouis .	7,05 —	1929	Grandpierre	5,8 —
1878	Millot	6,5 —			

Il est par ailleurs intéressant de comparer ces différents dosages d'arsenic, élément chimique prépondérant des Eaux de La Bour-

boule, avec ceux effectués dans les autres stations thermales. Voici un tableau tiré de la thèse du Docteur Ferreyrolles (37) :

**Différents dosages de l'arsenic métalloïdique
dans quelques stations thermales, par litre d'eau**

La Bourboule Choussy-Perrière .	0,007	gr.
Cransac	0,0063	—
Vichy	0,003	—
Le Mont-Dore (Marguerite)	0,0009	—
Plombières	0,0004	—
Bussang	0,0002	—
Vals (Dominique)	0,0005	—
Rehme	0,0002	—
Kronthal	0,0020	—
Wiesbaden-Kochbrumen	0,00015	—
Hamman-Mes-Kontin	0,0005	—

Enfin, les sources de Roncegno (Tyrol) contiennent 0,030 g. d'arsenic par litre et celles de Bad-Durckheim (Haardt) 0,013 g. Ces deux dernières sont trop riches : l'une doit être diluée, l'autre ne peut être prise en boisson. Les eaux de Levico-Stark (Tyrol) et de Guberquelle (Bosnie) ont à peu près la même teneur en arsenic que celles de La Bourboule, mais sont toxiques et ne peuvent être utilisées sans danger.

Deux autres éléments sont, semble-t-il, essentiels dans les Eaux de Choussy-Perrière :

Le bicarbonate de soude qui les fait classer avant celles de Saint-Nectaire, de Royat, du Mont Dore ou de Vals Saint-Jean, mais bien après celles de Vichy parmi les eaux bicarbonatées sodiques.

Le chlorure de sodium contenu en quantité suffisante pour permettre de les ranger entre les Eaux de Bourbon-Lancy et de Bourbonne.

Enfin, comme le fait remarquer Treil (42) dans sa thèse, elles possèdent une minéralisation secondaire importante : magnésium, fer, soufre, silice, potasse, chaux et, mis en évidence par les études spectrographiques : étain, mercure, zinc, molybdène, plomb, glucinium, germanium, gallium et lithium.

De plus l'étude des gaz thermaux par Moureu et le Docteur G. Cany (82) leur permet d'évaluer à 144 mètres cubes le débit gazeux pour 24 heures de la Source Choussy-Perrière, contenant un pourcentage de :

Anhydride carbonique	94,5
Oxygène	traces
Azote	5,336
Helium et Néon	0,011
Argon, Krypton et Xénon	0,103
Gaz combustibles	0,05

Marian, en 1936 (79) signale que les deux puits Choussy et Perrière dégagent 176 mètres cubes par 24 heures dont 16 litres d'hélium et de néon, 150 litres d'argon, krypton et xénon.

Mestries dans sa thèse (73) conclut : « Par ses eaux arsenicales, chlorobicarbonatées sodiques, La Bourboule domine de loin les stations étrangères de Val Sinestra, Libenstein et Kudowa qui pourraient lui être comparées. Par son arsenic, elle réalise l'équilibre des échanges et devient un régulateur de la nutrition, par son bicarbonate et son chlorure de sodium, un stimulant des fonctions digestives. »

Toutefois, qu'il nous soit permis, au seuil de ce bref aperçu chimique sur les Eaux de La Bourboule de citer une remarque tout à fait pertinente à nos yeux, tirée de la thèse de Ferreyrolles (37) : « Les combinaisons entre les ions laissées à l'imagination des auteurs ont été des pertes de temps et n'affirment absolument rien sur la composition intime des eaux. Tous ces éléments y sont à l'état naissant, libre et individuel. » Voici, nous semble-t-il, une conclusion judicieuse à ce rapide tour d'horizon.

Propriétés physiques.

Les premières constatations biophysiques signalées par G. Cléraul, en 1877 (33) sont assez rudimentaires : « A leur sortie les eaux sont transparentes et limpides, au fond d'un bain on y voit l'épingle que l'on vient d'y jeter. Elles se troublent peu à peu à l'air, se recouvrant d'une pellicule de nature organique analogue à une matière grasse. Cette eau assouplit et blanchit la peau. »

« Parfois elle a une odeur alliagée, elle dégage de l'acide carbonique. Sa densité varie de 1,0505 à 1,0538. »

Depuis lors, d'importantes recherches ont été effectuées. Voici les principales constantes physiques de l'Eau de Choussy-Perrière établies en 1930 :

Minéralisation par litre	6,50 gr.
Température à l'émergence	60°
Débit à la minute	400 l.
Densité	1,050
Indice de réfraction entre 16° et 18° ...	1,33465
Résistivité	145 ohms-centim.
Point de congélation	$\Delta = -0,317^\circ$
Pression osmotique π	$= 3,804 \text{ atm.}$
Indice de nutrition	+ 1 millivolt 5
	(Pech Montpellier 1927)
Acidité ionique pH	6,8 au griffon
	7,4 après dégagement du gaz carbonique dissous

D'après Clogne (83) plus récemment en 1932, les mesures effectuées ont donné pH = 6,7 au griffon, 6,9 aux Grands Thermes, 7,1 à l'établissement Choussy.

Pouvoir catalytique mesuré en centimètres cubes de permanganate nécessaire pour doser l'eau oxygénée décomposée : 28,5 cc.

Dans sa thèse, en 1937, Garraud donne deux constantes plus nouvellement établies (62) :

Point cryoscopique (c'est-à-dire point de congélation) :

$$\Delta = - 0,33^{\circ}$$

Conductivité (c'est-à-dire l'inverse de la résistivité) :

$$\gamma = \frac{1}{\rho} = 67 \times 10^{-4}$$

Enfin Gastou et Ferreyrolles (84) effectuèrent l'étude à l'ultra-microscope de l'Eau de La Bourboule. Ils mirent en évidence la présence d'algues en très petites quantités, de cristalloïdes et de colloïdes. Ils trouvèrent en particulier des colloïdes vrais analogues aux colloïdes albumineux, des colloïdes cristalloïdes contenant certains constituants cristallisés et des colloïdes artificiels, animés de mouvements browniens, surtout arsenicaux. Ceci explique, disent-ils, le peu de toxicité de l'eau malgré sa forte concentration en arsenic.

Radioactivité.

La découverte de l'intense radioactivité de l'Eau de Choussy-Perrière était en quelque sorte sentie déjà par Ferreyrolles en 1904 (37) : « Les expériences du Docteur Mitrophane Lestchinsky, en 1900, ont donné pour l'Eau de La Bourboule, une déviation très notable au galvanomètre. On peut admettre que dans les profondeurs de l'écorce terrestre les ions métalliques se chargent d'électricité, les sels dissous par les eaux arrivent dynamisés et chargés de cette électricité dont le potentiel, inabordable par la terre, se manifeste par une déviation sur le galvanomètre, venant ajouter son action à celle des éléments chimiques. »

En 1908, Laborde, préparateur de Mme Curie, écrit un rapport d'après Godonnèche (18) affirmant que « dix litres d'Eau de Choussy-Perrière renferment en dissolution une quantité de gaz radioactifs qui donne naissance, quatre jours après la prise, dans un condensateur cylindrique de 450 cm³ à un courant électrique tel que : $i \times 10 = 360$ unités électrostatiques. Onze jours après leur extraction, ces dix litres renferment 1,78 mg. minute d'émanation radium, c'est-à-dire une quantité d'émanation égale à celle que peut produire un milligramme de bromure de radium pur pendant 1,78 minute.

« Enfin, dix litres de gaz du puits Choussy renferment une quantité d'émanation radium égale à celle que peut produire un milligramme de bromure de radium pendant 11,02 minutes. »

Laborde concluait déjà que les Eaux de La Bourboule étaient les plus fortement radioactives après celles de Gastein, en Autriche.

En 1923, Lepape (85) a établi les valeurs de l'hororadioactivité et de la puissance radioactive de la Source Choussy-Perrière et conclut : « Au point de vue de la puissance radioactive, la valeur culminante appartient à la Source Choussy de La Bourboule qui, eau et gaz réunis, déverse 1.039,5 microcuries d'émanation de radium dans l'atmosphère toutes les heures. » Voici un tableau récapitulatif extrait de la thèse de Boudry en 1924 :

	T°	ÉMANATION RADON EN MILLIMICROCURI PAR LITRE A L'ÉMERGENCE		HORORADIO- ACTIVITÉ EN MICROCURI PAR HEURE	PUISSANCE RADIOACTIVE EN MILLIGRAMMES DE RADIUM	
		Gaz (à 8° et 760 $\frac{m}{m}$)	Eau		Gaz	Eau
La Bourboule ..	54,8°	161,4	20,5	1.039,5	69,8	68,8
Vernet (source Providence) ..	37,6°	115,9	15,5			17,1
Royat (source Saint-Martin) .	28,8°	49,7	14,5			18,1

Par leurs propriétés physicochimiques, les Eaux de La Bourboule, source Choussy-Perrière, sont donc polymétalliques, arsenicales fortes, chlorurées et bicarbonatées-sodiques, et puissamment radioactives. Telle est la définition par laquelle on peut les caractériser selon les conceptions actuelles de l'Hydrologie.

Propriétés physiologiques.

De nombreux travaux et publications ont tout d'abord essayé de mettre au point l'action de l'Eau de La Bourboule sur le métabolisme azoté : F. Bernard (86), en 1893, Heulz et Cathelineau (87), en 1894, Verdalle, 1906 (56), Huguet, 1907 (69), Fleig, 1908 (70), Gastou et Ferreyrolles, 1912 (84), Labbé, 1921 (71), Aloy et Bru, 1921 et 1922 (88), Sauzet, 1928 (89), Clogne et Pierret, 1932 (83), Marian, 1936 (79) et Mestries, 1936 (73).

La plupart des auteurs, et en particulier Clogne et Pierret ont montré une augmentation de l'élimination protéique urinaire à la suite de la cure Bourboulienne. Toutefois, comme le signalé Mestries (73) : « Certains résultats ne sont pas concordants, mais leur ensemble montre cependant une diminution du trouble du métabolisme azoté. »

L'évolution du métabolisme glucidique, à la suite du traitement à l'Eau de Choussy-Perrière a été également l'objet de recherches expérimentales et chimiques approfondies, fortement intéressantes par leurs résultats. Fleig 1909 (70), sur le chien dépancréaté, Grandpierre, 1929 (81), Proust, 1930 (90), Clogne, 1932-33 et 1935 (83 et 91), Duhot, 1934-35 (72), et Mestries, 1936 (73), sur les lapins, confirmèrent les résultats obtenus par les médecins de La Bour-

boule sur leurs malades. Mestries écrit ainsi dans sa thèse : « L'Eau de Choussy provoque un abaissement de la glycosurie, aussi bien embouteillée que prise au griffon; la glycémie ne varie pas avec l'eau embouteillée, mais seulement avec l'eau réactivée et mieux encore avec l'eau prise au griffon. » La radioactivité apparaît donc comme un élément important, sinon essentiel, de l'action hypoglycémiante expérimentale et de la cure du diabète à La Bourboule.

D'autres études furent également effectuées sur l'eau thermale de cette station.

A la suite du travail préliminaire de Gubler, Billard et Ferreyrolles (92), en 1905, mirent en évidence sa non toxicité et la comparèrent à un véritable sérum arsenical naturel. De ce fait, ils établirent les modalités d'une thérapeutique parentérale qui eut largement son temps de succès. Les mêmes auteurs montrèrent aussi le pouvoir phylactique de l'Eau de Choussy-Perrière, c'est-à-dire sa possibilité d'inactivation d'une toxine d'origine organique, voire d'un poison minéral (92) et (93). Ce travail fut repris par Dubaud dans sa thèse (95).

Ferreyrolles mit en évidence son action antitoxique et immunisante, Billard et Ferreyrolles (97), puis Marie Bourguet (98), son pouvoir antianaphylactique et désensibilisant, Valette (99), ses propriétés microbicides sur le tréponème pâle et le trypanosome gambiense.

En 1933, Piéry et ses collaborateurs remarquèrent que l'Eau de La Bourboule provoquait une augmentation du volume de la bile et des sels biliaires, mais une diminution du résidu sec et du cholestérol. Aussi peut-on admettre son action favorable sur la cholémie (100). Enfin, quelques travaux ont appuyé sur son pouvoir hématopoïétique expérimental et clinique, comme l'ont signalé, parmi d'autres, J. Boudry (77), A. Boudry (78), Sauzet, sur le cobaye (89), Garraud (62), Clogne (83), Godonnèche (101), et Milhaud (102).

Propriétés pharmacodynamiques.

Comme le signale fort justement le Professeur Santenoise au début de son important et récent travail (102 bis), c'est aux Professeurs Villaret et Justin Besançon que revient le mérite d'avoir utilisé les premiers les techniques des organes isolés pour l'étude de l'action des eaux minérales et d'avoir introduit en hydrologie expérimentale les principes pharmacodynamiques.

De l'importante série de leurs recherches, nous allons essayer d'extraire les principaux témoignages relatifs à l'activité de l'Eau de La Bourboule.

Ils mirent au point leurs techniques et l'interprétation des résultats obtenus dans une série de publications et d'ouvrages qui ont fait date, tant à la Société d'hydrologie et de climatologie médicales de Paris, qu'aux Congrès de Belgrade et de Lisbonne (103 et 104).

A la Séance solennelle de la Société d'hydrologie de Paris en 1930, ils ont mis en lumière que les eaux minérales, comme certaines substances pharmacodynamiques, agissant sur le système vaguesympathique, possèdent parfois une action amphotrope et que l'on peut étudier leurs propriétés sur le système nerveux en les faisant agir sur un organe isolé en présence d'un paralysant du sympathique ou du parasympathique. D'après les phénomènes observés, il est possible de juger de leur action.

Leur méthode consiste donc à étudier un organe isolé (bronches, utérus, intestin...) en survie *in vitro* mis en contracture ou en relâchement par une substance sympatho ou parasympathomimétique, sympatho ou parasympatholitique et à rechercher l'action de l'eau minérale sur cet organe ainsi traité. Certaines sont capables de faire cesser le spasme ou le relâchement et de le ramener à son état normal.

Au Congrès international de Lisbonne, en 1930, ils étudièrent l'action de la concentration moléculaire globale, de la concentration en ions H, l'effet des gaz dissous et de la radioactivité, dans la marche de cette épreuve. Ils montrèrent que tous ces facteurs y ont un rôle incontestable, mais que la complexité des eaux minérales interdit de rapporter à quelques-uns seulement l'ensemble de leurs propriétés biologiques et de juger *a priori* de leurs effets physiologiques.

Ils étudièrent tout d'abord l'action de l'Eau de La Bourboule sur les anneaux bronchiques du porc avec la collaboration de Vexenat (105) qui en développa les résultats dans sa thèse en 1929 (106). Ils provoquèrent un spasme de l'organe isolé par une solution d'acétylcholine à 1 %. Après siphonage, ils la remplacèrent par l'Eau de Choussy-Perrière, qui est isotonique, portée à 38°. En enregistrant les phénomènes, ils mirent en évidence un relâchement de la bronche beaucoup plus net et intense que celui obtenu par simple lavage au Locke. Dans sa thèse, Vexenat ne pense pas que l'arsenic ait une grosse action sur le muscle bronchique et croit que d'autres facteurs doivent intervenir dans ce phénomène. Tout récemment Pierret et Burstein (107) ont repris une étude analogue. Ils constatèrent que l'Eau de La Bourboule injectée préventivement par voie intraveineuse empêchait le bronchospasme anaphylactique chez le chien et le bronchospasme par la carbamylcholine chez le cobaye. Cette propriété bronchodilatatrice n'est pas détruite par l'ébullition, ni par l'oxygénation. L'arsenic à la même concentration est sans effet sur le muscle bronchique.

Bronchodilatatrice sur la bronche isolée et contracturée *in vitro*, bronchodilatatrice sur la bronche de l'animal en état de spasme expérimental, l'Eau de La Bourboule devait l'être aussi sur la bronche contracturée de l'homme, tel fut le fil conducteur qui nous amena à concevoir la réalisation de notre travail.

D'ailleurs, d'autres expériences analogues ont été réalisées par les Professeurs Villaret et Justin Besançon, leurs élèves ou leurs

émules. En 1929 (108), ils peuvent constater : « Nous avons pu garder vivant et battant régulièrement pendant plus de 24 heures un ventricule isolé d'Hélix Pomatia dans l'Eau de La Bourboule enrichie d'oxygène. »

Puis (109), sur l'intestin isolé du lapin, ils mirent en évidence une augmentation de l'amplitude et une régulation du rythme et, le plus souvent, une exagération légère du tonus par l'Eau de La Bourboule.

Camus en 1931 (110), à l'aide de l'inscription des mouvements pendulaires de l'intestin isolé de lapin, montra également que l'Eau de Choussy-Perrière augmentait l'amplitude des contractions et régularisait le rythme. « Par la même méthode, après action sur le muscle intestinal de la quinidine qui est un dépresseur musculaire lisse, l'Eau de La Bourboule exagère encore la chute du tonus. Ainsi, élevant le tonus de l'intestin normal, elle l'abaisse au contraire en présence de quinidine, il y a une inversion de ses propriétés pharmacodynamiques. Il ne faut donc pas conclure de l'action d'une eau minérale sur un intestin modifié par une drogue quelconque et *a fortiori* de ses propriétés thérapeutiques sur l'organisme du malade. » Cet auteur montre de plus que sur l'uretère isolé, l'Eau de Choussy-Perrière provoque une accélération du rythme et surtout une augmentation du tonus à chaque nouvelle addition d'eau, et que sur un utérus de cobaye vierge elle cause un arrêt des contractions rythmiques.

Pierret, en 1938 (108), mit en évidence que « l'Eau de La Bourboule prélevée au griffon produit sur l'intestin isolé du lapin normal une action complexe, se manifestant dans une première phase par une contracture passagère avec abolition des contractions spontanées, puis, dans une deuxième phase, par un état de relâchement prolongé sans que les contractions pendulaires spontanées réapparaissent.

Sur l'intestin mis en état de spasme par l'acétylcholine, elle exerce une véritable action spasmolytique.

Enfin, elle renforce le pouvoir antispasmodique de la papavérine et la contracture produite par le chlorure de Baryum. Ceci est à rapprocher de la synergie d'action entre la quinidine, autre poison musculotrope, et l'Eau de Choussy-Perrière. »

Enfin, Roux, en 1941 (112), fait une synthèse détaillée de toutes ces recherches dans sa thèse, à la lecture de laquelle nous avons tiré d'utiles renseignements.

L'ensemble de ces travaux ne doit pas servir, comme le fait remarquer le Professeur Santenoise « à des déductions physiologiques et encore moins cliniques ou thérapeutiques avant d'avoir été l'objet d'une critique serrée et de recherches poursuivies sur l'homme, au griffon même des sources, avec des procédés complètement différents » (102 bis). Voici une excellente entrée en matière comme présentation de notre étude de l'action des Eaux de La Bourboule sur la Ventilation Pulmonaire.

II

LA VENTILATION PULMONAIRE ET SES METHODES D'EXPLORATION

I. — *Grandes étapes historiques de l'étude de la Fonction respiratoire.*

Actuellement, l'étude de la Fonction respiratoire a dépassé le cadre des laboratoires de recherches puisqu'elle est utilisée comme test précédant les interventions chirurgicales dans le traitement de la tuberculose pulmonaire et des pneumopathies, dans la plupart des services hospitaliers spécialisés, et dans la mesure des coefficients d'incapacité fonctionnelle en médecine du travail. L'Exploration de la Respiration est d'ailleurs fort anciennement connue, puisque l'un des précurseurs en fut Galien au II^e siècle avant Jésus-Christ. Les premiers essais furent effectués en 1679 par Borelli, le premier réalisateur fut Hutchinson qui, en 1846 (113), mit au point un procédé simple, suffisamment exact, la spirométrie, définit la capacité vitale et construisit un appareil de mesure qui sert encore de modèle.

Rapidement, en Allemagne, Wintrich et Vierordt (114) furent ses émules. En France, Hecht, en 1855 (115), puis Schnepf, en 1858 (116), les premiers, introduisirent la technique spirométrique.

Les véritables créateurs des méthodes physiologiques modernes d'exploration fonctionnelle de la respiration furent Claude Bernard et ses élèves. Leur rôle est d'ailleurs fort injustement méconnu. En effet, Gréhant, en 1864-1869 (117), étudia l'ensemble de la ventilation pulmonaire et principalement l'air résiduel (1). Il montra l'intérêt du calcul de la « capacité pulmonaire de repos », somme de

(1) *Le Poumon*. Septembre-octobre 1948, tome IV, n° 8, p. 259.

l'air de réserve et de l'air résiduel. Il décrivit le coefficient de ventilation, rapport de l'air courant à la capacité pulmonaire de repos, et il expliqua comment l'air de chaque inspiration était dilué dans l'air intrapulmonaire. Enfin, il mit au point les premières méthodes correctes de dosage de l'oxygène sanguin (extraction des gaz par le vide).

En 1865, Marey, grâce à son pneumographe (118), et Paul Bert, par une méthode voisine, enregistrèrent les mouvements respiratoires. Après les découvertes de Berthelot sur la thermochimie, de nombreux physiologistes étudièrent les rations alimentaires et leurs rapports avec les gaz respiratoires (quotient respiratoire de Pflüger, travaux calorimétriques de d'Arsonval, Rubner, Lefèvre, Atwater). Plus tard, en 1904-1905, Haldane et ses collaborateurs (119) mirent au point l'analyse moderne des gaz de la respiration et de l'air alvéolaire. A la même époque Benedict (120), élève d'Atwater, dégageait la notion de métabolisme de base, simplifiait sa méthode de mesure en circuit fermé et donnait ses valeurs normales, d'après les très nombreux essais qu'il avait effectués.

En 1907, Bohr, reprenant les travaux de Gréhan avec de nouvelles techniques, étudia (121) la courbe de dissociation de l'hémoglobine. En 1914, Barcroft (122) fit effectuer de grands progrès à l'exploration de la fonction respiratoire du sang et décrivit tout particulièrement la méthode de dosage de l'oxygène sanguin à l'aide du ferri-cyanure de potassium. Il montra l'intérêt de l'étude de la courbe de dissociation de l'oxyhémoglobine et de ses déviations. Hill à cette époque reprenait et développait la notion de consommation d'oxygène (123).

Pendant la guerre 1914-1918, Peabody et ses élèves étudièrent (124) les rapports de la fonction respiratoire avec les affections cardiovasculaires, Benedict rendit portatif le spiromètre de Frédéricq ⁽¹⁾ et mit au point un appareil largement utilisé à l'heure actuelle. Krogh fit des études sur l'air alvéolaire, le métabolisme de base, et construisit un spiromètre de conception plus physiologique que celui de Benedict (125). Enfin, Van Slyke, Henderson et Hasselbach introduisirent en physiologie la notion nouvelle de pH, définirent la réserve alcaline; on leur doit le meilleur appareil de dosage des gaz du sang (126).

En 1920 et les années suivantes, Léon Binet et Maurice Bourgeois, puis H.-R. Olivier, étudièrent la mesure du maximum d'apnée volontaire, dont Richet avait signalé l'intérêt dès 1895, et firent un travail d'ensemble sur la physiopathologie respiratoire (127 et 128).

(1) Oxygénographe de Frédéricq et Nuel, in *Physiologie*, cité par Frédéricq (Manipulations de physiologie 1891, p. 121) et appareil respiratoire applicable à l'homme. (Léon Frédéricq, *Régulation de la température chez les animaux à sang chaud*, *ibidem*, p. 122.) Ce dispositif diffère très peu de celui de Benedict. Le contrepoids de la cloche est compensé alors qu'il ne l'est plus sur l'appareil de Benedict. La chaux sodée, découverte par Berzelius et appliquée à l'absorption des gaz de la respiration par Schwann en 1868, est placée extérieurement au spiromètre.

En 1925, Fleisch (129) établit une méthode de mesure de la vitesse de passage de l'air dans les voies respiratoires, grâce à son pneumotachographe dérivé d'appareils antérieurs notamment de l'anapnographie de Bergeon et Kastus ⁽¹⁾ et du masque de Pech. C'est à cette époque que se placent les remarquables travaux de Henderson et Haggard (130) sur la circulation sanguine.

Anthony, en 1927 (131), montra l'intérêt du calcul de l'équivalent de la respiration, « Atemequivalent », c'est-à-dire du nombre de litres d'air ventilé nécessaires pour faire passer 1 litre d'oxygène dans le sang. Quelques années plus tard, Brauer (132), puis Knipping (133) montrèrent que la respiration en atmosphère riche en oxygène permettait de déceler l'insuffisance de saturation oxyhémoglobinée du sang artériel, particulièrement dans les cas d'insuffisances respiratoires et circulatoires, par le phénomène du « comblement du déficit ». Ils constatèrent le grand intérêt de l'étude de la ventilation maxima et mirent au point des épreuves largement utilisées en Allemagne et en Suisse, rassemblées sous le nom de « méthode de Knipping ».

En 1934, Goiffon, Parent et Waltz (134) étudièrent la respiration en vase clos qui leur permit de mesurer « la capacité vitale réflexe », reprenant une constatation faite antérieurement par Strohl, qui, au cours d'une étude sur la ventilation pulmonaire, avait également fait des recherches sur la forme des courbes respiratoires enregistrées à grande vitesse.

La même année, Jacobæus, Björkmann et leurs collaborateurs (135) mirent au point la première méthode clinique sérieuse d'exploration des poumons séparés, en reprenant les études antérieures de bronchoscopie double sur l'animal par Hermann et l'Ecole de Nancy (1921) et les premiers essais de bronchoscopie sur l'homme, par Chevalier et Jackson. Enfin, plus près de nous, Lambert, Berry, Cournant et Richards (136), puis Kaltreider et Mac Cann (137), Boosbey, enfin Whitehead et Miller (138), Cournand et Richards (139), Millikan, Otis et Rahn, Silvermann et Lee (140), dans les pays anglo-saxons, Michaud et son élève Jéquier Doge (141 et 142), Rossier (143), en Suisse, Birath (144), en Suède, Dautrebande (145), en Belgique, et Rist (146), Arnaud, Tulou et Mérigot (147), enfin Tiffeneau (148), Cara (149), et Santenoise, Bencix, Guilhem, Petit-Maire et Roche (150), en France, apportèrent de nouvelles idées, mirent au point de nouvelles techniques.

II. — *Aperçu physiologique de la Fonction respiratoire.*

Il est nécessaire, dans l'ensemble complexe de la respiration, de distinguer plusieurs éléments schématiques plus ou moins interdépendants.

(1) BERGEON et KASTUS cités par VIAULT et JOLYET. (*Physiologie humaine*, 2^e édit., Paris, 1898.)

- La ventilation pulmonaire qui assure le renouvellement de l'air alvéolaire et qui est le phénomène externe de la respiration.
- La circulation qui assure le transport du sang et par là, celui du gaz carbonique et de l'oxygène.
- La respiration tissulaire, phénomène respiratoire proprement dit.
- La régulation nerveuse.
- Deux mécanismes physiophysiologiques, les perméabilités tissulocapillaires et alvéolocapillaires qui font actuellement l'objet de recherches (Riley, Parrot).

Il existe de nombreuses méthodes permettant l'étude séparée de chacune de ces fonctions et la mise en évidence de l'insuffisance respiratoire, ce qui est en fait le but de l'exploration fonctionnelle des poumons. Il est toutefois nécessaire, au seuil de ce travail, d'avoir à l'esprit les notions du lien très étroit qui existe entre les éléments physiologiques de la respiration et des phénomènes compensateurs qui peuvent survenir entre eux.

Le problème que nous avons à résoudre était l'étude de l'action physioclinique de l'Eau de La Bourboule envisagée de manière à régler si possible le doute subsistant encore dans certains esprits sur son efficacité dans les troubles respiratoires et particulièrement dans les affections à type de spasmes et à type de catarrhes bronchiques. Les résultats d'ailleurs nous étaient assurés à l'avance, puisque les médecins les avaient déjà cliniquement mis en évidence et les curistes eux-mêmes les affirmaient sans détour.

Pour ce faire donc, nous avons laissé à d'autres le soin d'effectuer une étude biologique sur les phénomènes respiratoires au niveau du sang, des tissus, voire des centres nerveux, et nous avons essayé de mesurer l'action de l'Eau de Choussy-Perrière sur la seule ventilation pulmonaire des malades eux-mêmes.

Nous tenons cependant ici à rappeler les travaux récents du Professeur Santenoise qui, après sept années de recherches, a pu établir une méthode d'exploration fonctionnelle applicable au terrain asthmatique. De ses conclusions (151), il découle que ce dernier se traduit, soit par une prédisposition au bronchospasme dû à un état d'hyperergie parasymphatique périphérique et décelable par la diminution du pouvoir cholinestérasiqne du sérum sanguin, soit à une prédisposition à la vasoconstriction de la petite circulation pulmonaire, décelable par l'abaissement de la pression artérielle maxima après compression abdominale, soit à une prédisposition au blocage des mouvements thoraciques dû à une perversion de l'excitabilité réflexe des centres respiratoires bulbaires et décelable par la diminution de la sensibilité à l'inhalation du CO², soit enfin, à une prédisposition à l'anoxémie due à la diminution de la capacité respiratoire du sang et décelable par des dosages du fer et de l'oxygène globulaire. Il montra dans cette étude l'action de l'Eau de La Bourboule sur le terrain asthmatique.

Celle-ci relève le taux du pouvoir cholinestérasique du sérum et améliore la sensibilité des centres nerveux respiratoires. Enfin, cette année même, des travaux furent effectués sur place, sous sa direction, sur l'action de l'Eau de Chaussy-Perrière sur le cobaye en état de crise asthmatiforme après choc histaminique. Les résultats de ces recherches n'ont pas encore été publiés.

Avant d'aborder la description proprement dite des conclusions que nous avons obtenues à La Bourboule, il nous paraît nécessaire de donner maintenant quelques précisions sur la mécanique respiratoire et une description des méthodes de mesure de la ventilation pulmonaire.

III. — *La ventilation pulmonaire et l'insuffisance respiratoire* ⁽¹⁾.

L'origine de l'exploration de la ventilation pulmonaire est fort ancienne, comme nous l'avons déjà dit, et fut d'abord orientée vers la seule mesure des volumes respiratoires. Borelli, Hall, en 1708, puis Boerhaave, Jurin, Hales, en 1733, et Goodwyn firent les premières recherches. Leurs essais n'ont qu'un intérêt historique.

En 1799, Humphrey Davy (152) introduisit la méthode de dilution des gaz pour estimer la valeur de l'air résiduel pulmonaire. Hutchinson, nous l'avons vu (113), fit les premières études systématiques, créa le terme de « vital capacity » et sur son spiromètre examina 2.130 individus normaux et 60 sujets malades après avoir déterminé leur circonférence thoracique, leur poids, leur âge et la température de l'air expiré dans la cloche de son appareil. En Allemagne son œuvre fut poursuivie par Wintrich qui étudia la capacité vitale de 3.500 personnes, par Vierordt (114), Panum (153), Bohr (121) et, en France, par Hecht (115), Schnepf (116) et surtout Gréhant (117).

A l'heure actuelle les notions physiologiques de la mécanique respiratoire sont bien connues. En voici les grandes lignes :

Le but de la ventilation pulmonaire est d'assurer à l'air alvéolaire une composition chimique constante grâce à une élimination de gaz carbonique et à un apport suffisant d'oxygène comme l'a montré Haldane (119). Ainsi est assurée, par une pression suffisamment élevée d'oxygène alvéolaire, la saturation complète de l'hémoglobine, ainsi les combustions de l'organisme sont totales, ainsi le rapport acide/base du sang est maintenu en équilibre. Lorsque la ventilation ne suffit plus, pour une raison quelconque, à saturer le sang en oxygène et à le débarrasser du gaz carbonique en excès, il y a insuffisance respiratoire. Alors s'ensuit un déséquilibre dans

(1) Nous avons tiré d'utiles enseignements de la lecture des épreuves d'une nouvelle édition des *Diagnostics Biologiques* qui nous furent transmis par le Professeur H.-R. OLIVIER avant sa parution et qui fera suite à l'ouvrage antérieur publié avec la collaboration du Professeur Noël Fiessinger et de M. Herbain. Qu'il nous soit permis de le remercier ici vivement.

le rapport acide/base du sang et un trouble dans la distribution de l'oxygène. L'organisme répond par des phénomènes de compensation et une excellente définition de l'insuffisance respiratoire est donnée par Arnaud, Tulou et Mérigot qui la déterminent ainsi : « Chaque fois que l'on peut affirmer que la saturation oxyhémoglobinée est anormale ou que, si elle est normale, c'est au prix d'une ventilation exagérée ou d'une augmentation du débit cardiaque. »

On voit donc la difficulté considérable de la détection et de la mesure d'une insuffisance respiratoire puisque celle-ci correspond à un ensemble de phénomènes physiologiques qui mettent en jeu, pour le moins, les systèmes pulmonaires, cardiovasculaires, sanguins et nerveux, intimement liés dans l'accomplissement d'une même tâche. D'autant plus que doit s'ajouter un facteur supplémentaire, en quelque sorte dynamique, car il est fort important de rapporter cette insuffisance à l'effort pour permettre l'évaluation des possibilités de travail correspondantes.

Une étude physioclinique précise de l'insuffisance respiratoire est donc particulièrement délicate et nécessite la mise en œuvre d'un important laboratoire spécialisé. Nous nous en sommes tenus, vu les limites précises du but fixé, au seul examen de la ventilation pulmonaire, étant entendu que notre rôle ne fut pas de mettre en évidence toute insuffisance respiratoire, mais seulement l'insuffisance de la ventilation pulmonaire ⁽¹⁾.

La valeur de cette dernière fonction est subordonnée à divers facteurs alvéolaires et bronchiques dont les plus importants sont les volumes de l'air circulant et de l'air captif, et l'espace mort ou nuisible : Tiffeneau et Pinelli (154).

D'après ces auteurs, on appelle air circulant (ou air respiratoire de Strohl) le volume gazeux qui, à chaque mouvement respiratoire, pénètre dans les voies respiratoires ou en sort. Ce volume est fonction de la vitesse du courant gazeux aérien. Le débit moyen, facteur primordial de la ventilation, est le produit du volume de l'air circulant par la fréquence respiratoire.

L'air captif est la quantité d'air qui persiste dans les voies respiratoires à la fin d'une expiration donnée. C'est cette masse gazeuse que l'air circulant doit ventiler. Plus le rapport $\frac{\text{air circulant}}{\text{air captif}}$ est

élevé, plus la ventilation est bonne. Les valeurs respectives de ces éléments sont d'ailleurs différentes au repos et à l'effort.

L'espace mort anatomique est la différence entre le volume total de l'arbre respiratoire et le volume alvéolaire; l'espace mort physiologique est la fraction d'air déplacée à chaque acte respiratoire et qui n'entre pas en contact avec les alvéoles. L'accroissement de l'espace mort peut exercer une influence préjudiciable sur la ventilation dans certains cas pathologiques.

(1) En fait, l'insuffisance ventilatoire, sauf en cas d'insuffisance circulatoire, est prépondérante dans l'insuffisance respiratoire.

Cette interprétation moderne de la mécanique respiratoire exprime d'une façon rationnelle les mouvements gazeux de la respiration. Elle vient s'ajouter aux conceptions de la capacité vitale d'Hutchinson et de la capacité pulmonaire de repos de Gréhant, sans les détruire, mais en les complétant.

La capacité vitale d'Hutchinson est la somme de trois volumes pulmonaires :

L'air complémentaire est le plus grand volume d'air qui, à la fin d'une inspiration normale, peut être introduit dans les voies respiratoires, à la faveur d'une inspiration forcée.

L'air courant ou « Breathing air » d'Hutchinson ou « Tidal air », est le volume gazeux mobilisé à chaque mouvement respiratoire par un sujet, au repos.

L'air de réserve est le plus grand volume d'air qui, à la fin d'une expiration normale, peut être expulsé hors des voies respiratoires, à la faveur d'une expiration forcée.

Par ailleurs, l'air résiduel, inaccessible aux mesures spirométriques, est la quantité d'air qui reste dans les voies respiratoires à la fin d'une expiration forcée. La capacité totale est la somme de la capacité vitale et de l'air résiduel.

Le tableau ci-joint (tableau I) montre le rapport existant entre les divers volumes respiratoires d'après les définitions données par Hutchinson, Panum, Bohr, Gréhant, Lindhard, Binger et Brow (155) et Christie (156).

HUTCHINSON		PANUM	BOHR	GREHANT
Complementary Air	Max. Insp.	Complementary Air Men 3,5 l. Women 2 l.		Air Complémentaire 1,500 l.
Vital Capacity	Normal Insp.		Total Capacity	Capacité Vitale
Breathing Air	Normal Insp.	Tidal Vol. Air		Air courant 0,500 l.
Reserve Air	Normal Exp.	Reserve Air Men 2 l. Women 1,5 l.		Air de Réserve 1,500 l.
Residual Air	Max. Exp.	Residual Air Men 1,5 l. Women 1 l.	Middle Capacity	Capacité pulmonaire de repos Air résiduel 1,500 l.

TABEAU I

LES DIFFERENTS VOLUMES RESPIRATOIRES

Capacité pulmonaire de repos de GRÉHANT = Capacité d'équilibre de Lindhard (1926).
 = Midcapacity de Christie (156).
 = Functional residual Air de Binger et Brow (155).

Pour être complet, rappelons une initiative intéressante prise par Lundsgaard et Schierbeck (157) qui calculèrent les rapports existant entre chaque volume respiratoire et la capacité totale.

La ventilation pulmonaire, comme son nom l'indique, est en fait l'expression d'un débit et son étude ne consiste pas seulement, en la caractérisation des volumes gazeux statiques sur lesquels elle peut jouer, mais aussi, et surtout, de ses possibilités dans le temps et dans l'effort.

Les premiers auteurs (1) étudièrent la quantité d'air passant dans l'appareil respiratoire pendant 10 minutes, au moyen d'un masque dont le tube de l'air expiré était mis en rapport avec la cloche d'un spiromètre. Delezenne (158), Langlois (159), Achard et Binet (160) et Lange (161) étudièrent les variations de ce volume gazeux pendant la grossesse, la marche et les affections cardiaques et pulmonaires. Lange, dans sa thèse, put conclure : « Cette mesure très variable n'a que peu d'intérêt dans l'étude des maladies ». Puis, en 1920, Pech (162) préconisa l'emploi d'un manomètre permettant de mesurer le débit respiratoire instantané d'un sujet en litres, à la seconde, aussi bien à l'inspiration qu'à l'expiration. Des travaux furent effectués au moyen de son appareil par Chabrol (163), Renée Sicard (164), Guès (165) et Laniez (166). La valeur du débit ainsi évalué s'est montrée très variable selon les sujets, la position d'examen, le temps respiratoire. Mais le « débit respiratoire maximum », qui pour la première fois fut mis en vedette, obtenu lorsque le malade respire aussi intensément que possible, est fixe chez un adulte normal et a une valeur de 3,500 litres environ par seconde pour ces auteurs. Chez l'enfant, il augmente avec l'âge (Guès). D'après leurs publications, il serait égal à l'inspiration et à l'expiration et diminuerait au cours des troubles respiratoires. « De toutes les maladies chroniques du poumon, c'est l'emphysème qui paraît donner les chiffres les plus bas : 1 litre à l'inspiration, 0,800 à l'expiration. La diminution de la valeur du débit respiratoire maximum porte donc aux deux temps de la respiration, mais est plus accentuée à l'expiration. » (Guès.)

A l'heure actuelle, l'étude dynamique de la mécanique respiratoire utilise deux méthodes principales de mesure spirographique :

1° La Ventilation minute au repos et à l'effort, produit du volume de l'air circulant par la fréquence respiratoire en une minute. A l'état normal, au repos, elle est de 6 à 8 litres pour un air courant de 0,500 litre et une fréquence de 12 à 16 respirations par minute, l'enregistrement étant effectué sur un spirographe dans les conditions du métabolisme de base. Son interprétation est déli-

(1) GRÉHANT, BONNET, qui introduisit le compteur à gaz comme appareil de mesure en 1856, VOIT et PETENKOFFER, firent des études antérieures et analogues de la ventilation pulmonaire.

cate, car certains sujets respirant en circuit fermé modifient, tout au moins au début, le rythme de leur ventilation. A l'effort, elle augmente grâce au jeu de l'air circulant puis, cela ne suffisant plus, par l'intermédiaire de la fréquence. A l'état pathologique, elle subit d'importantes variations en plus, d'abord à l'effort, puis, dans les cas de grandes insuffisances respiratoires, au repos.

2° Le débit respiratoire maximum ou épreuve de la Ventilation maxima, « atemgrenzwert » de Brauer et des auteurs allemands, « Maximum breathing capacity » des anglo-saxons, mesuré spiographiquement depuis Knipping, est la quantité maxima d'air capable de passer dans l'appareil respiratoire pendant une minute. Or, il s'agit d'une mesure faite sur un courant gazeux alternatif et l'on a choisi pour son calcul, soit la quantité totale d'air inspiré, soit la quantité totale d'air expiré qui sont, semble-t-il, à peu près comparables. On prend spiométriquement la moyenne de leurs deux valeurs. De toute façon, la précision ne peut éviter une erreur de quelques litres par minute. Plusieurs procédés permettent de l'obtenir.

a) La respiration maxima volontaire. Dans ce cas on prie le sujet de respirer aussi profondément et rapidement que possible. Mais cette épreuve fatigue vite et les expérimentateurs la limitent, soit à 10 secondes comme Knipping et son école, soit à 30 secondes comme Hermansen (167) ou Cara, soit à 1 minute tel Bohme (169). Tantôt l'effort porte surtout sur l'amplitude donnant ainsi une capacité vitale répétée « Maximum vital capacity breathing » de Lambert. Tantôt il joue principalement sur la fréquence. Bohme trouva que le volume de chaque mouvement respiratoire diminuait lorsque la fréquence augmentait et qu'il fallait chercher la valeur la plus forte pour la ventilation maxima en s'en tenant au rythme de 40 respirations par minute environ (1).

b) La respiration en vase clos selon la technique de Strohl, reprise postérieurement par Goiffon, Parent et Waltz (134). Ces derniers auteurs font respirer le sujet dans

(1) D'après des mesures inédites faites au Laboratoire d'examen fonctionnels de l'Hôpital Laënnec, Service du Docteur Robert Monod, il semble que les conditions d'expériences interviennent directement, notamment la résistance des circuits. Les valeurs de la ventilation maxima varient en sens inverse de la résistance des appareils et la fréquence varie dans le même sens que celle-ci, étant bien supérieure à 40 par minute pour des appareils légers et peu résistants. Il semble que ce phénomène soit dû à la période propre des instruments de mesure et à leur amortissement. Les spiromètres de Krogh et de Benedict se comportent un peu comme des appareils balistiques très amortis, alors que dans cette épreuve les instruments doivent être très mobiles, peu amortis et à courte période (Cara).

un spiromètre de petite capacité (spiromètre de Goiffon). La respiration appauvrit l'atmosphère en oxygène et relève le taux de gaz carbonique. Il s'ensuit une acidose gazeuse, une augmentation de la ventilation sans grande réaction cardiaque, une dyspnée qui devient peu à peu intense. C'est ainsi que par excitation du centre respiratoire on obtient « l'effet de l'exercice musculaire sans l'exercice », Waltz (169). L'amplitude maxima des mouvements respiratoires ainsi obtenue mesure « la capacité vitale réflexe », Goiffon (170), qui est la plus profonde que soit capable d'utiliser le sujet quand il est soumis à la sollicitation d'un besoin respiratoire intense.

D'autre part, le rapport :

Capacité vitale réflexe

Capacité vitale volontaire (Hutchinson)

déjà signalé par Strhol mesure « le coefficient d'utilisation des possibilités anatomiques ». Ce dernier peut atteindre, chez des sujets entraînés, 85 %.

« Toute capacité vitale réflexe inférieure à 2,200 litres chez l'adulte correspond à une insuffisance respiratoire. Une capacité vitale volontaire normale associée à une capacité vitale réflexe diminuée exprime une insuffisance réflexe due à la sédentarité, l'alcalose, l'asthme. Chez les emphysemateux se produit une diminution parallèle de la capacité vitale volontaire et de la capacité vitale réflexe. Le trouble serait donc physiologique chez les asthmatiques, anatomique dans l'emphysème » (Waltz). Cette épreuve fut étudiée par Laurentin (171), Lignac (172), Cournand, Tulou. C'est un excellent test, car elle explore la seule ventilation et donne ses possibilités théoriques maxima. Mais elle est peu physiologique ⁽¹⁾ et elle est pénible pour le sujet examiné.

c) La respiration maxima involontaire obtenue par un travail volontaire intense (Jéquier Doge).

La Ventilation maxima que l'on obtient par ces différents procédés a une valeur normale oscillant, selon les auteurs, de 80 à 150 litres par minute et plus (Wright), chez l'adulte sain. Elle peut être supérieure à ces moyennes chez le sujet entraîné. Elle varie avec les appareils de mesure et les expérimentateurs. Mais ce qui est certain, c'est qu'elle baisse dans toutes les affections respiratoires, aussi les chercheurs modernes lui accordent-ils une très

(1) Arnaud, Tulou et Mérigot, pour pallier à cet inconvénient, assurent une teneur constante en oxygène de l'air respiré de façon à ne laisser jouer que l'influence excitante du gaz carbonique accumulé.

importante signification et l'utilisent largement, quelle que soit leur école.

Ornstein, Friedman, Friedlander, Herman (174) étudient le rapport $\frac{\text{Ventilation maxima}}{\text{Ventilation minute au repos}}$, Cournand et Richards (139)

calculent la « Breathing réserve » ou réserve respiratoire qui est la différence entre la valeur de la ventilation maxima (150 litres en moyenne pour ces auteurs par minute) et la ventilation minute au repos (5 litres en moyenne) et qui a une valeur normale d'environ 145 litres. Ils étudient également le rapport :

$$\frac{\text{Breathing Reserve}}{\text{Maximum Breathing Capacity}} \times 100.$$

Warring (175) montre l'intérêt du rapport :

$$\frac{\text{Ventilation minute à la marche}}{\text{Ventilation maxima}}$$

Mais Pinelli (176), avec juste raison, estime qu'une simple analyse de la ventilation maxima donne autant de renseignements que ces coefficients. Enfin, récemment Arnold et Werner (177) contribuèrent à mettre en relief l'importance de la mesure de la Ventilation maxima dans l'appréciation de la fonction respiratoire.

Nous étudierons plus loin quelques méthodes dérivées directement de la notion de Ventilation maxima et notamment une épreuve récemment mise au point par Tiffeneau et Pinelli (154 et 178) « la capacité pulmonaire utilisable à l'effort ».

Bien que mettant en jeu des phénomènes complexes, le test du maximum d'apnée volontaire est utile à rechercher au cours des épreuves de ventilation. Mis au point par Binet et Bourgeois (127), reprenant une remarque de Richet et un travail antérieur de Sabrazès (179), il consiste à faire retenir au sujet examiné sa respiration aussi longtemps qu'il le peut. Il fut étudié particulièrement par Bourgeois (180), par Renée Sicard (164), par H.-R. Olivier et Skladal (128), par Amphoux (181), par Perrin (182), par Laurentin (171), par Tulou (173). Il suit fidèlement la valeur de la fonction respiratoire et est un procédé simple, surtout depuis qu'il est enregistré spiographiquement, ce qui est indispensable. Toutefois, il demande à être pratiqué dans les mêmes conditions, étant fonction de la bonne volonté du sujet et du volume d'air retenu dans les voies respiratoires au moment de sa mesure.

Enfin, Monod et Cara (183) l'ont utilisé dans une méthode pratique de mesure indirecte de l'air résiduel, dont nous avons apprécié l'intérêt, qui leur permet de tirer une évaluation de la réponse réflexe des centres nerveux, lors de l'intolérance finale de l'apnée maxima volontaire, dans l'épreuve du coefficient « du temps d'apnée litre » (Cara).

Pour être complets, signalons d'autres épreuves permettant la mise en évidence plus ou moins rigoureuse des insuffisances de la ventilation pulmonaire.

C'est ainsi que l'étude de « la résistance respiratoire à la fatigue » consiste à déterminer la valeur de la capacité vitale durant des essais très rapprochés : toutes les 15 secondes pendant 10 minutes, Peabody et Sturgis (124), toutes les 3 minutes pendant 15 minutes, Rousselot (184) et Achard et Binet (160), toutes les 30 secondes pendant 5 minutes, Joseph Lafosse (185). Chez un sujet normal, ces auteurs ont montré que les chiffres restent sensiblement les mêmes, parfois s'accroissent. Chez les scléreux pulmonaires, chez les emphysémateux, au contraire, ils sont en diminution à chaque reprise. En outre, Joseph-Lafosse, dans sa thèse, prend comme tests fonctionnels d'examen particulièrement applicables à l'emphysème, et qui nous paraissent fort judicieux, la détermination de la vitesse terminale de l'expiration, qui subit un ralentissement spiographiquement décelable, et la mesure de l'air de réserve à des rythmes différents (l'emphysémateux voit sa capacité vitale se réduire s'il prolonge la durée de son expiration forcée). Est à rapprocher de ces épreuves la notion de « force respiratoire » de Nouvion (186) qui recueille, après une inspiration maxima, dans un spiromètre à eau, le volume d'une expiration forcée unique réalisée à travers un obstacle déterminé.

Parmi les techniques de mesure de la ventilation pulmonaire se range l'évaluation de l'air résiduel. Les méthodes les plus correctes, dérivant de celle de Humphrey Davy (152), utilisent les dosages chimiques de l'air ventilé en atmosphère renfermant un gaz témoin inabsorbable par la circulation : hydrogène, Gréhan (117), ou azote, Christie (156), Darling, Cournand et Richards (187). Rappelons la technique de Monod et Cara qui donne (183), chez les sujets suffisamment dociles, la valeur approchée de l'air résiduel par simple mesure comparée des temps maxima d'apnée volontaire en inspiration et expiration forcées ⁽¹⁾. Enfin, certains auteurs utilisent une méthode de dosage par l'hélium, notamment en Angleterre (au centre de Cardiff) basée sur la thermoconduction des gaz (semblable à celle utilisée dans le diaphéromètre de Noyons pour l'étude des gaz respiratoires). La détermination de l'air résiduel et par extension de la capacité pulmonaire au repos et de la capacité totale est d'une très grande importance dans l'étude de la ventilation pulmonaire et de la fonction respiratoire tout entière. Malheureusement les épreuves sont très délicates et sujettes à erreur, surtout chez l'homme ⁽²⁾ et ⁽³⁾.

(1) La valeur obtenue est un peu en excès, car cette épreuve fait participer d'autres volumes que le volume alvéolaire proprement dit (Cara).

(2) Le sujet qui n'est pas anesthésié doit être d'une docilité parfaite. C'est dire que l'ambiance psychologique de l'examen a une grosse importance.

(3) Sous le nom d'« Indice pulmonaire résiduel » Robert Tiffeneau a décrit une méthode basée sur des mensurations cliniques et radioscopiques, permettant une mesure approximative de l'air résiduel (*Bull. Ac. nat. Méd.*, 1948, p. 332).

La mesure de la vitesse de l'air respiratoire présente également un gros intérêt, notamment pour le diagnostic des états emphysemateux (vitesse expiratoire ralentie : Rosenthal, Douay); aussi de nombreux auteurs ont-ils étudié cette vitesse à l'inspiration et à l'expiration depuis les premières expériences manométriques de Valentin en 1847 : anapnographie de Bergeon et Kastus (1869), masque manométrique de Pech, pneumotachographe de Fleisch, aërotachographe de Magne et Chaussé... Mais les mesures sont délicates, vu les faibles forces utilisées, la rapidité des variations et surtout les multiples causes de distorsions aérodynamiques et mécaniques. Elles nécessitent un dispositif d'enregistrement comparable à celui d'un électrocardiographe ou d'un phonocardiographe et les nouvelles méthodes, dites anémographiques, sont plutôt des compléments de l'auscultation que de la spiropgraphie ⁽¹⁾. C'est pourquoi Cara s'est attaché (loc. 149, *Paris Médical*, 8 nov. 1947, p. 535) à mettre au point un autre procédé simple permettant de mesurer la vitesse respiratoire instantanée et surtout de comparer la vitesse inspiratoire à la vitesse expiratoire, ce qui est le facteur de beaucoup le plus important. Dans ce but, il établit une fuite dans un circuit fermé : spiropgraphie-cavité pulmonaire. Il n'y a plus alors de symétrie graphique entre les deux mouvements respiratoires et c'est au plus rapide que correspond à volume égal le déplacement du style enregistreur, de telle sorte que chaque dissymétrie élémentaire, même minime, s'additionnant, le tracé prend une allure ascendante (prédominance inspiratoire) ou descendante (prédominance expiratoire), suivant les modalités de la respiration.

De nombreux auteurs ont étudié avec juste raison la ventilation pulmonaire au cours de l'effort, obtenu par la marche : sur un tapis roulant, Langlois (159), sur un escabeau (step test de Master repris par Piltz et par Bouvrain), sur une bicyclette ergométrique (Krogh)... Jéquier Doge (142) étudie « le débit respiratoire minute à l'effort » qu'il compare à « la consommation d'oxygène à l'effort » avec mesure ergométrique de ce dernier. Cara établit les épreuves de mesure de la ventilation pulmonaire avant, pendant et après un mouvement de pédalage des pieds effectué le sujet étendu. Mais dans ces techniques, les phénomènes étudiés sont complexes et mettent en cause des réactions circulatoires, hormonales, etc... De ce fait, le but de notre étude est dépassé sur ce terrain.

De même, nous laisserons systématiquement de côté la description de toutes les épreuves tendant à étudier les échanges gazeux de la respiration et le ravitaillement en oxygène : Dosage de l'O² alvéolaire, mesure de la saturation oxyhémoglobinée, étude

(1) Le Centre d'exploration fonctionnelle des Grands Thermes de La Bourboule dispose d'un oscillographe cathodique (électrocardioscope) dans ce but. Malheureusement l'appareil destiné à mesurer et à transformer le courant aérien respiratoire ne put être fourni par le constructeur à temps pour la saison 1948.

de la consommation d'oxygène et « du déficit en oxygène » de Knipping, exploration du cycle du gaz carbonique... Malgré leur grand intérêt, elles dépassent le cadre de notre sujet.

Enfin, terminons cette revue d'ensemble des méthodes d'exploration de la ventilation pulmonaire et plus particulièrement de la mécanique respiratoire en signalant les techniques récentes de certains auteurs, parmi beaucoup d'autres, qui, pour obtenir une appréciation plus intime de cette dernière, ont associé plusieurs épreuves. Nous en avons rapporté quelques-unes déjà, en voici d'autres d'après Tulou (153) :

Piltz compare l'air circulant obtenu après un exercice connu à l'air courant.

Harter, Overholt et Perkin rapprochent la « vital capacity » de la « Midcapacity ».

Lian, Baraige, Dannier et Descloux mesurent l'air circulant et le poulx avant et après un pas de gymnastique défini (189).

Nous n'insisterons pas davantage sur un sujet qui nous entraînerait à d'importants développements.

IV. — *Conclusion.*

Parmi cet ensemble de techniques, la plus grande partie spirométriques ou spirographiques, d'exploration de la ventilation pulmonaire, nous avons dû faire notre choix selon les principes que nous avons déjà énoncés : simplicité et facilité d'exécution (adaptation aux enfants), sensibilité et exactitude (adaptation aux légères insuffisances respiratoires), de façon à réaliser les conditions optima adaptées à la clientèle bourboulienne.

La mesure de la capacité vitale d'Hutchinson, par l'appréciation des possibilités en puissance du sujet, nous a paru tout d'abord un test simple, indispensable et particulièrement réalisable, mais toutefois insuffisant pour évaluer, à lui seul, la ventilation pulmonaire.

Nous avons abandonné la mesure du temps maximum d'apnée volontaire et la détermination de l'air résiduel, la première étant pénible pour le sujet, la seconde longue et difficile à effectuer.

Il nous sembla au contraire nécessaire d'adjoindre à l'évaluation de la capacité vitale celle des possibilités ventilatoires dynamiques d'un sujet. Nous avons déjà fait rapidement la critique des techniques proposées dans ce but; nous verrons plus loin, dans un chapitre à part, les raisons pour lesquelles nous avons fixé notre choix sur la mesure de « la capacité pulmonaire utilisable à l'effort », de Robert Tiffeneau et Pinelli, épreuve qui se rattache indirectement à la détermination du débit respiratoire maximum.

Enfin, il fut dans les intentions des organisateurs de réaliser une méthode de mesure de la vitesse respiratoire, malheureusement les difficultés matérielles n'ont pas permis la réalisation à temps de l'appareil nécessaire.

Après avoir exposé les conditions dans lesquelles nous avons effectué nos mesures, nous décrirons les méthodes utilisées dont nous venons d'exprimer les principes et la place dans les techniques générales de mesure de la Ventilation pulmonaire. Nous montrerons enfin, par les résultats obtenus, leur intérêt d'ensemble en tant que test d'insuffisance de la mécanique respiratoire.

III

DESCRIPTION DU CENTRE D'EXPLORATION FONCTIONNELLE DE LA VENTILATION PULMONAIRE AUX GRANDS THERMES DE LA BOURBOULE EN 1948

I. — *Les Appareils.*

A) *Les Spirographes.* — La plupart des techniques d'étude de la ventilation pulmonaire utilisent les méthodes de mesures spirométriques ou spirographiques.

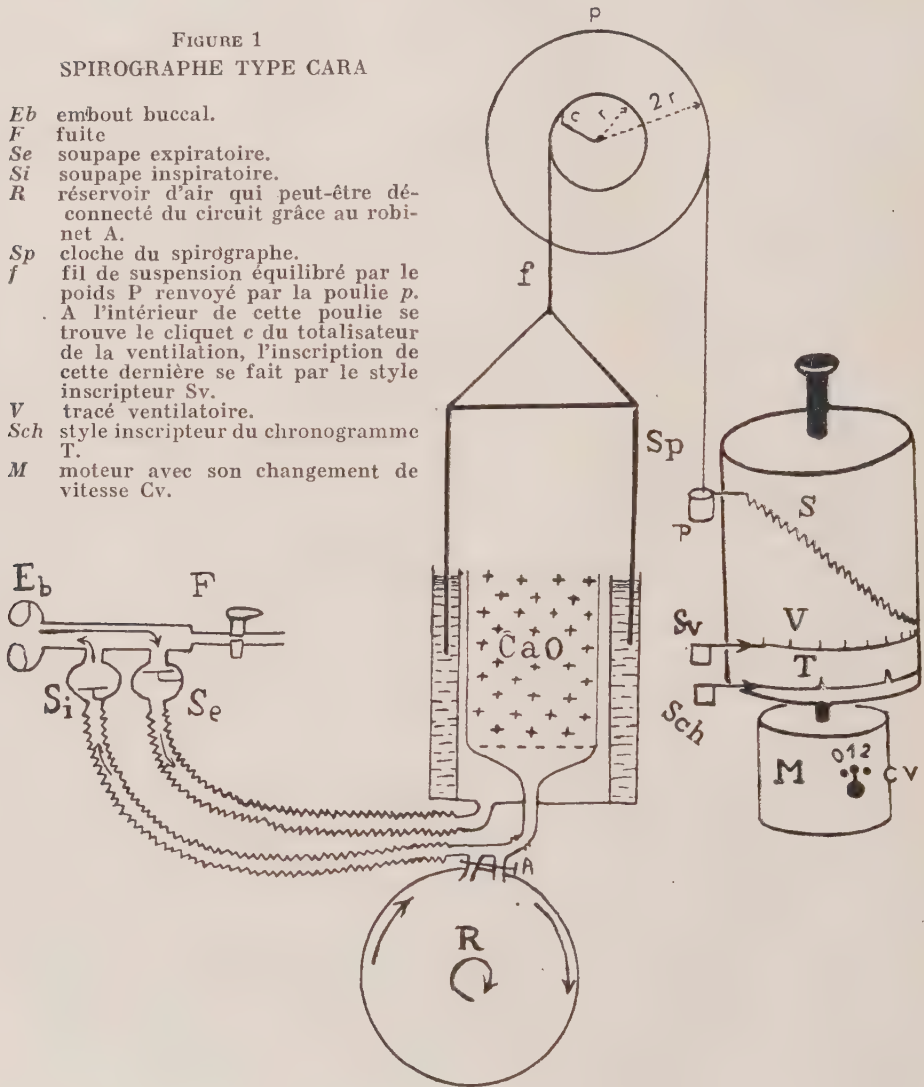
Parmi les nombreux types de spiromètres ou spirographes, tels ceux de Hutchinson, Verdin (190), Blum, Boudin, Tissot, Krögh, Chéron (191), les dispositifs de Pescher et d'Heucqueville, l'appareil de Benedict (192) est un des plus connus. Il dérive des spiromètres de Hutchinson et de Frédéricq par l'adjonction d'un système inscripteur et le report de la chaux sodée sous la cloche. Il permet de déduire directement du graphique, correspondant aux mouvements respiratoires effectués en circuit fermé, la consommation d'oxygène et le métabolisme basal.

L'appareil dont nous disposons, réalisé par Cara (149), est construit sur ce type. Il comporte quelques améliorations : moindre inertie grâce à un plus grand diamètre de la cloche et surtout à un système amplificateur des mouvements de cette dernière, enregistrement simultané du temps et de la ventilation par un cliquet

totalisateur, fixé sur la roue de la poulie, dont les mouvements sont enregistrés par transmission électrique sur le graphique, présence d'une fuite réglable permettant de mesurer la vitesse du courant

FIGURE 1
SPIROGRAPHE TYPE CARA

- E_b* embout buccal.
F fuite
Se soupape expiratoire.
Si soupape inspiratoire.
R réservoir d'air qui peut-être déconnecté du circuit grâce au robinet A.
Sp cloche du spiromètre.
f fil de suspension équilibré par le poids *P* renvoyé par la poulie *p*.
A l'intérieur de cette poulie se trouve le cliquet *c* du totalisateur de la ventilation, l'inscription de cette dernière se fait par le style inscripteur *Sv*.
V tracé ventilatoire.
Sch style inscripteur du chronogramme *T*.
M moteur avec son changement de vitesse *Cv*.



respiratoire. Il est surtout adapté aux explorations effectuées sur les insuffisants respiratoires ou les enfants, à capacité vitale inférieure à 4,500 litres. Il est muni d'une cuve réservoir de 50 litres, branchée sur la soupape d'inspiration et que l'on peut, par le moyen d'un robinet (A) à deux voies, éliminer du circuit (fig. 1).

Nous l'avons, pour nos examens, démunie de sa réserve de chaux sodée de manière à diminuer la résistance, ayant toujours opéré dans des conditions de rapidité telles que l'accumulation de gaz carbonique dans la cuve ne pouvait être suffisante pour troubler la ventilation. D'ailleurs, nous avons effectué la vidange du réservoir par un courant d'air comprimé, après chaque exploration (1).

Le cylindre enregistreur, dont la hauteur est suffisamment grande pour permettre l'inscription du volume de la capacité vitale, est muni d'un moteur électrique synchrone à deux vitesses : 3 cm. et 10 cm. à la minute, la première servant à l'inscription des mouvements respiratoires normaux, la deuxième étant utilisée pour la mesure de la ventilation maxima. Trois courbes peuvent être tracées au cours de chaque essai (fig. 1) : le chronogramme qui enregistre le temps et donne l'axe des abscisses du graphique, le spiogramme qui enregistre (renversés) les mouvements de la cloche du spiromètre, l'inspiration s'inscrivant vers le haut, l'expiration vers le bas, enfin, le tracé de la ventilation qui enregistre par une encoche tout volume de celle-ci égal à un litre.

Nous disposons d'un deuxième appareil (fig. 2) réalisé sur les directives de Tiffeneau, dérivé également du spirographe de Benedict. Le spiromètre est la réplique exacte de celui construit par Gauthier pour la mesure du métabolisme basal en circuit fermé. Nous avons également éliminé la réserve de chaux sodée de la cuve intérieure.

Le cylindre enregistreur est muni d'un mouvement d'horlogerie à ressort (M) auquel est adjoint un mécanisme régulateur (mR). Le mouvement est transmis au cylindre par un arbre rotatif (a) muni d'une roue dentée (r) qui entraîne le plateau (Pl) solidaire du cylindre. La roue (r) peut glisser sur l'arbre (a) et il est possible de ce fait, en lui fixant une position déterminée par rapport à l'axe du cylindre, de communiquer à ce dernier la vitesse constante désirée. Celle-ci par nos soins, fut établie à 1,65 cm. à la seconde.

B) *Les aérosolisateurs.* — Comme appareil générateur d'aérosol (2) nous disposons d'un tableau mural équipé de deux colonnes d'atomisation en pyrex, du type Biancani et Delaville, fonctionnant sur une canalisation d'air comprimé, munies chacune d'un gicleur gradué en centimètres cubes et pouvant être alimenté avec une circulation d'eau thermale permanente, de façon à ce que celle-ci ne soit pas en contact prolongé avec l'air (fig. 3). Chaque colonne eut une utilisation particulière, l'une étant affectée à la formation

(1) Les plus récents modèles comportent l'adjonction d'un numérateur de ventilation et une transformation de la cuve. Gauthier, constructeur, 26, rue Daubenton, Paris.

(2) Les aérosols E. et H. Biancani, G. et H. Delaville. *L'expansion scientifique française*, Paris.

d'aérosol bronchoconstricteur, l'autre d'aérosol bronchodilatateur ou d'Eau de La Bourboule. Elles étaient reliées à un orifice, diffé-

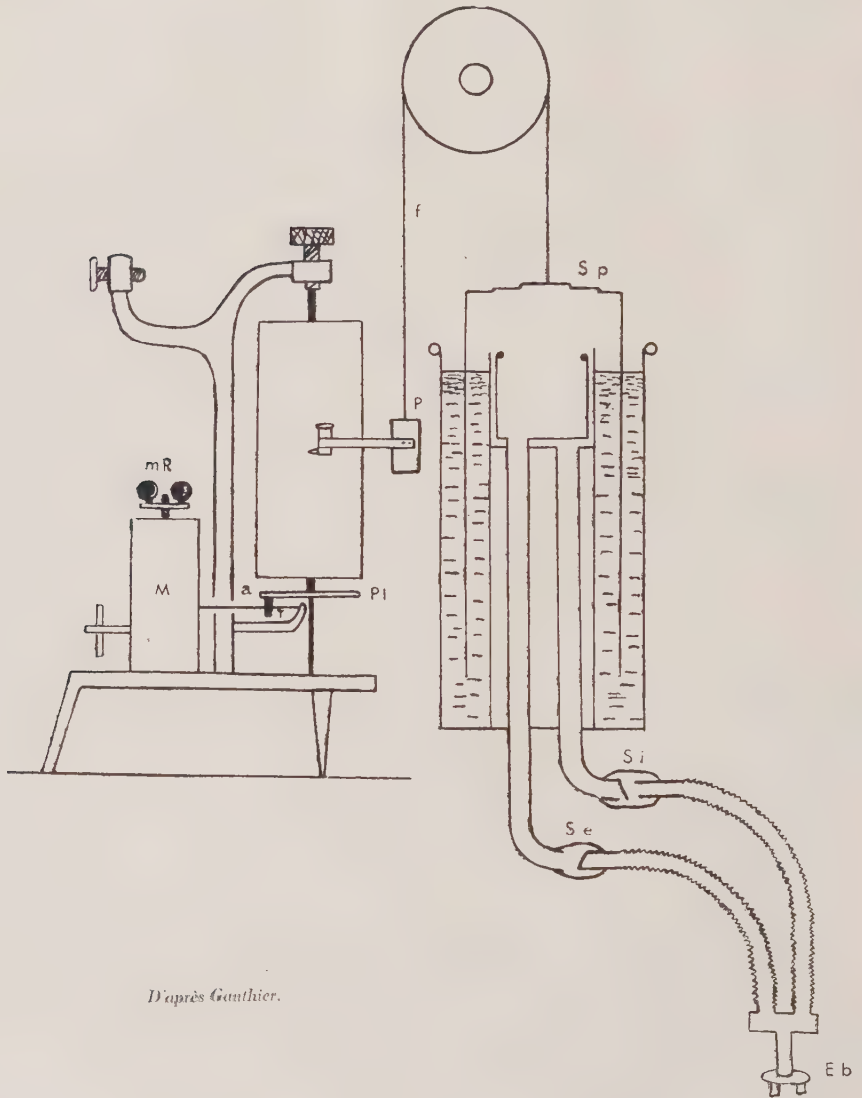


FIGURE 2
SPIROGRAPHE TYPE TIFFENEAU

rent pour chacune d'elles, d'un robinet à trois voies, fixé sur le mur près de l'appareil; qui nous permit de relier le malade selon notre désir, soit à la colonne bronchodilatatrice, soit à la colonne broncho-

constrictrice. Par ailleurs, adapté par un pied mobile au lit roulant supportant le sujet examiné, nous avions à notre disposition un deuxième robinet à trois voies placé directement à la sortie de la

Fig. III

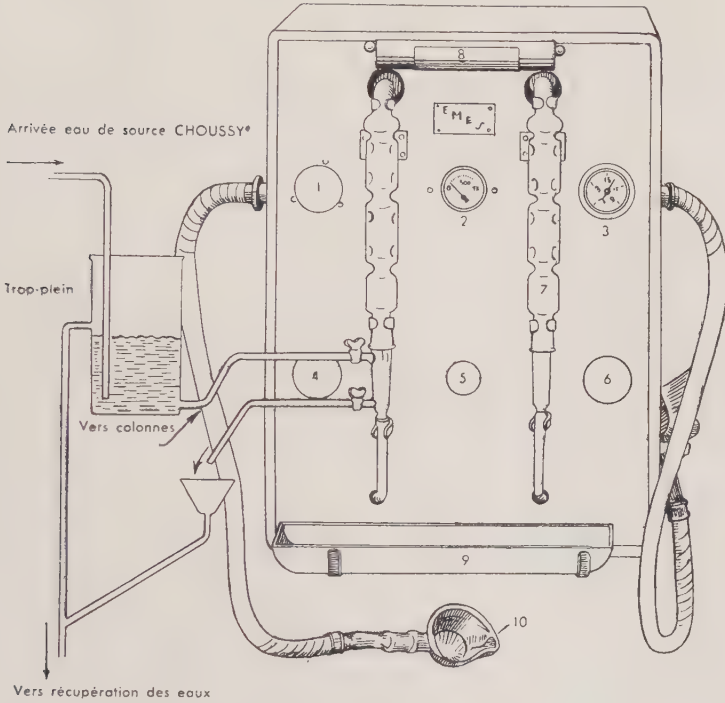


FIGURE 3
GENERATEUR D'AEROSOLS

1. Filtre. — 2. Manomètre. — 3. Minuterie. — 4. Robinet (réglage pression). — 5. Inverseur colonnes. — 6. Commutateur lampe. — 7. Colonnes. — 8. Eclairage. — 9. Auget. — 10. Inhalateur.

pièce buccale du malade. Par son intermédiaire, il nous fut possible, d'une façon très simple, de mettre ce dernier en communication, soit avec le spiromètre, soit avec l'aérosolisateur d'une part et l'air atmosphérique d'autre part.

II. — Fonctionnement du Centre.

A) *Les locaux.* — Le centre d'exploration fonctionnelle de la ventilation pulmonaire comprenait deux pièces entièrement équipées par la Société des Grands Thermes de La Bourboule. La première était une salle de repos, où deux lits roulants étaient disposés de manière à recevoir les malades dès leur arrivée.

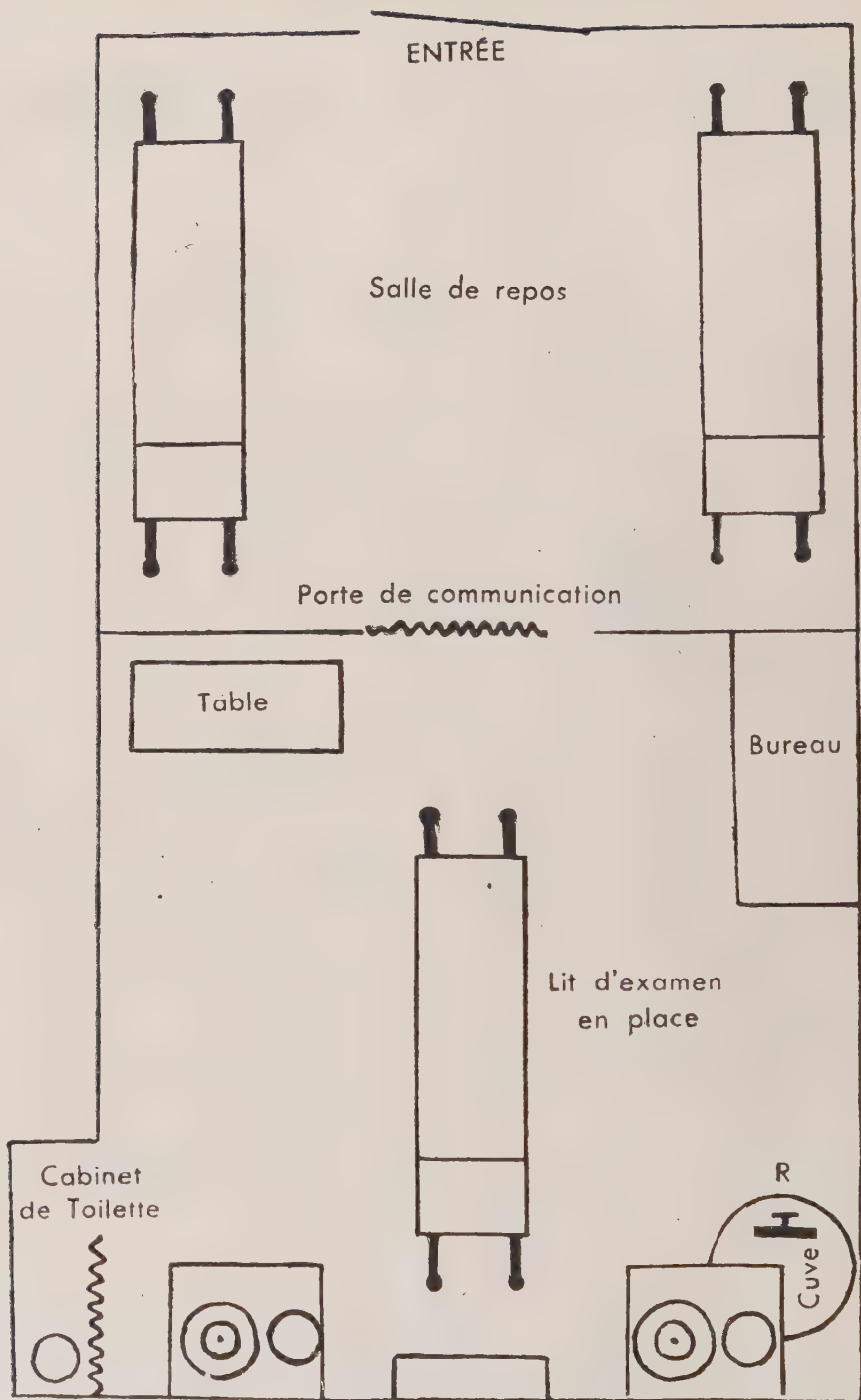


FIGURE 4
 PLAN D'ENSEMBLE DU CENTRE D'EXPLORATION FONCTIONNELLE
 DES GRANDS THERMES DE LA BOURBOULE

Succédant directement à cette dernière, suivait une pièce utilisée pour l'examen proprement dit; un cabinet de toilette lui était adjoint. Elle contenait les deux spiromètres oxygénographes, l'appareil générateur d'aérosols et un troisième lit roulant sur lequel était placé le sujet en voie d'exploration. L'ensemble était disposé selon le plan des figures 4 et 5, et photographié.



Grâce à une utilisation judicieuse des lieux, nous avons pu, pendant le fonctionnement du laboratoire, établir une circulation permanente des sujets examinés. En effet, pendant que l'un était aux appareils de mesure, un ou deux autres, dans la première pièce, prenaient leur repos. De ce fait, nous n'avons eu aucune perte de temps et il nous fut permis, pour une durée d'examen de 20 minutes environ et de 20 à 30 minutes de repos, d'effectuer, tout en restant dans des conditions d'expériences satisfaisantes, deux explorations fonctionnelles de la ventilation pulmonaire par heure, dans un cadre parfaitement adapté à la fonction, une aide nous étant adjointe.

Voici, décrits dans leur sécheresse, le déroulement des opérations courantes et l'ambiance que nous nous sommes efforcés de réaliser de manière à obtenir du malade la compréhension et la bonne volonté indispensables à l'établissement de constantes dignes d'interprétation.

B) *Mise en train préliminaire.* — Dès son arrivée, le sujet était mesuré, pesé et succinctement interrogé sur ses antécédents et ses troubles fonctionnels subjectifs, puis laissé une vingtaine de

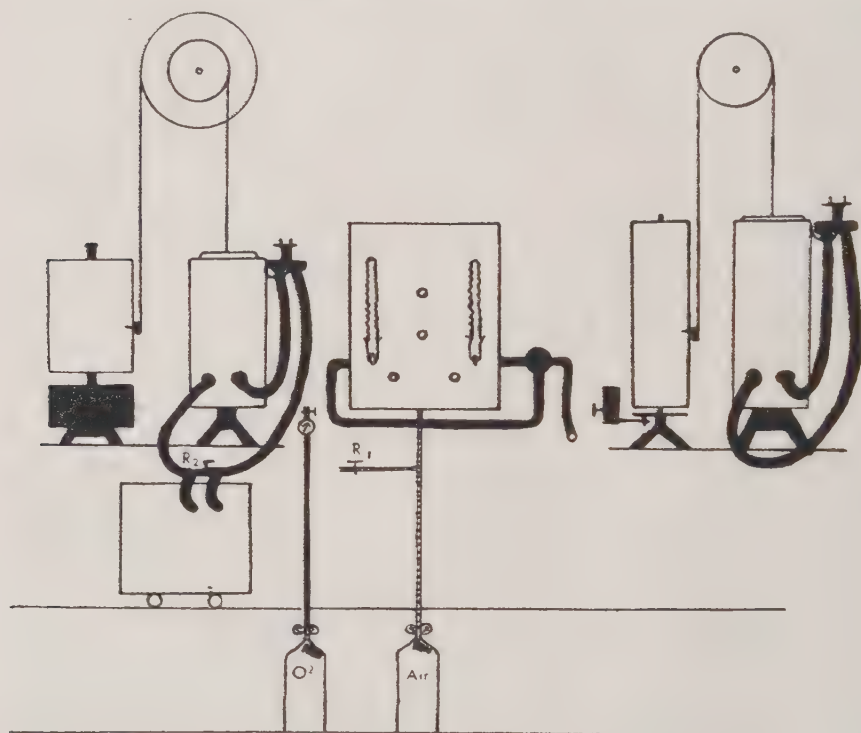


FIGURE 5
DISPOSITION DES APPAREILS DE MESURE

minutes à la salle de repos pour lui procurer le calme physiologique et surtout psychologique nécessaire.

Pendant ce laps de temps, nous terminions l'examen du malade précédent et nous préparions les appareils de manière à les rendre aptes au fonctionnement.

Tout d'abord était effectuée la vidange de la cuve adjointe à l'appareil Cara, au moyen d'un courant d'air comprimé, par établissement d'une communication entre les robinets r_1 et r_2 (fig. 5). De cette façon, le sujet respirait un air pur, non vicié. Une feuille

d'enregistrement était disposée autour du cylindre et les plumes étaient remplies d'encre.

Le temps nécessaire au repos du malade écoulé, celui-ci était transporté sur son lit roulant dans la salle d'examen auprès de l'appareil Cara et aussitôt muni d'une pièce buccale correctement adaptée à la mâchoire, le disque entre les deux maxillaires d'une part et les lèvres d'autre part, enfin, les deux petites languettes entre les dents. Par cette pièce, il était mis en rapport avec la cuve et la cloche de l'appareil Cara, après obturation des voies nasales par un pince-nez. Le cylindre enregistreur était mis en mouvement à la vitesse de 3 cm. à la minute. Vérification était faite de la présence d'aucune fuite d'air au moment des premiers mouvements respiratoires du sujet dans ce circuit fermé. Alors seulement, nous procédions à l'enregistrement de la capacité vitale.

C) *Mesure de la capacité vitale.* — On demandait au malade de respirer normalement, calmement. Pendant un temps plus ou moins long, jusqu'à l'établissement nécessaire d'une respiration égale, régulière, il était laissé à lui-même, tout en lui conseillant parfois le ralentissement de sa ventilation amplifiée par un réflexe de défense. Lorsque l'air courant était jugé satisfaisant, de par la simple inspection de la courbe d'enregistrement, on effectuait les inscriptions graphiques du volume de l'inspiration forcée maxima, c'est-à-dire de l'air complémentaire, puis aussitôt après du volume de l'expiration forcée maxima, c'est-à-dire de l'air de réserve.

Le plus souvent quelques simples explications suffisaient au sujet pour comprendre le mécanisme de l'épreuve et pour se donner tout entier à sa réalisation. Parfois, chez les jeunes enfants, surtout, après leur avoir montré par nous-mêmes à titre d'exemple, les moyens d'obtenir les mouvements respiratoires maxima, il nous était nécessaire, tel un moniteur de gymnastique, d'effectuer en même temps qu'eux leurs épreuves de manière à les maintenir dans une atmosphère d'effort. D'ailleurs un œil averti repère facilement sur les courbes d'enregistrement les paresseux et les mystificateurs et lorsqu'il nous fut donné de répéter à plusieurs reprises la mesure de la capacité vitale, les différences des valeurs obtenues n'ont que très rarement dépassé un pourcentage de 10 % (1). Cette opération terminée, nous procédions alors, selon les mêmes principes expérimentaux, à l'étude de la capacité pulmonaire utilisable à l'effort (C.P.U.E.).

D) *Mesure de la C.P.U.E.* — Nous glissions la feuille ayant déjà servi à l'enregistrement de la capacité vitale sur le cylindre de l'appareil Tiffeneau. Le lit était translaté auprès de ce dernier appareil et le malade mis en communication avec lui par sa pièce buccale toujours en place et le robinet à trois voies fixé sur le lit

(1) Nous avons toutefois effectué toujours deux essais pour chaque sujet et choisissons la meilleure mesure.

roulant. Ce robinet, étant solidaire du lit d'examen par l'intermédiaire d'un pied métallique servant en même temps de support à la tuyauterie, nous laissait, ainsi qu'au sujet examiné, entière liberté de mouvement. Il nous fut d'une grande utilité. Puis le cylindre était mis en rotation à la vitesse de 1,65 cm. à la seconde.

On recommandait aux sujets intellectuellement développés, pour éviter une désagréable surcharge des courbes, de faire l'inspiration maxima, temps préliminaire de l'épreuve, en dehors de l'appareil, par la voie nasale, puis l'expiration forcée, rapide et violente, par la bouche dans le spiropgraphe, après s'être obturé d'eux-mêmes le nez par leurs doigts. En cas d'une quelconque imperméabilité des voies nasales, nous mettions le malade, muni d'un pince-nez, en communication par la bouche avec l'air atmosphérique, par l'intermédiaire du robinet à trois voies, pour effectuer son inspiration maxima. Puis, au moment de l'expiration nous le remettions, en manœuvrant le robinet, en rapport avec la cloche, de manière à inscrire ce mouvement aérien sur la feuille d'enregistrement.

Nous avons ainsi, le plus souvent après une simple démonstration personnelle de l'opération, obtenu des résultats rapidement satisfaisants. Nous avons d'ailleurs toujours effectué pour le moins trois mesures différentes de cette épreuve.

Chez les malades plus réticents ou d'esprit moins perméables, nous faisons l'enregistrement de l'ensemble du mouvement respiratoire : inspiration maxima, expiration forcée, en maintenant le circuit fermé pendant toute l'opération entre la cavité pulmonaire et la cloche de l'appareil Tiffeneau, après obturation des voies respiratoires nasales. Nous avons pu vérifier que les deux modalités donnaient chez un même sujet des résultats équivalents ⁽¹⁾.

E) *Mesures pharmacodynamiques.* — Enfin, dans un dernier temps, nous faisons à chaque sujet des épreuves pharmacodynamiques grâce à l'administration de principes actifs sous forme d'aérosols et à l'utilisation renouvelée de la C.P.U.E.

Pour ce faire, après avoir muni le générateur de la solution médicamenteuse (systématiquement acétylcholine à 1 % dans l'eau distillée fraîchement préparée) et mis en marche l'air comprimé, nous branchions l'appareil, ainsi simplement en fonctionnement, sur le deuxième robinet à trois voies et nous mettions le sujet,

(1) A la suite des essais effectués en commun avec le Docteur Cara, ce dernier a été amené à modifier son appareillage, de manière à éviter le passage d'un spiropgraphe à l'autre, et l'ensemble de ces manœuvres, en réduisant au minimum la participation du sujet. Le kymographe est muni d'une troisième vitesse (4 cm. à la seconde) à déclenchement instantané. On entraîne le sujet à effectuer un certain nombre de capacités vitales dont l'enregistrement est fait au moyen de la petite vitesse (3 cm. à la minute) pour ne pas surcharger le graphique. Après quelques essais on étale la partie expiratoire, en la recommandant rapide et violente, par la grande vitesse : on arrête l'inscription aussitôt que l'on a la portion de courbe désirée (1^{re} seconde de l'expiration).

grâce à ce dernier, en communication et avec le brouillard d'aérosol d'une part et avec l'air atmosphérique d'autre part. Le malade respirait par la bouche dans sa pièce buccale et était muni d'un pince-nez.

Lorsque cinq minutes étaient écoulées, nous faisons alors la mesure de la C.P.U.E., comme auparavant. C'est ainsi que nous avons étudié sur chaque sujet l'action sur la C.P.U.E. de l'aérosol d'acétylcholine à 1 % après une durée de cinq minutes.

F) *Etude des courbes d'enregistrement.* — Il nous restait, ces épreuves terminées, à effectuer la mesure des coefficients étudiés.

Sur la courbe réalisée au moyen de l'appareil Cara (fig. 6), nous calculions l'air complémentaire, l'air courant, l'air de réserve, en mesurant la valeur des distances AB, BC, CD, exprimées en centi-

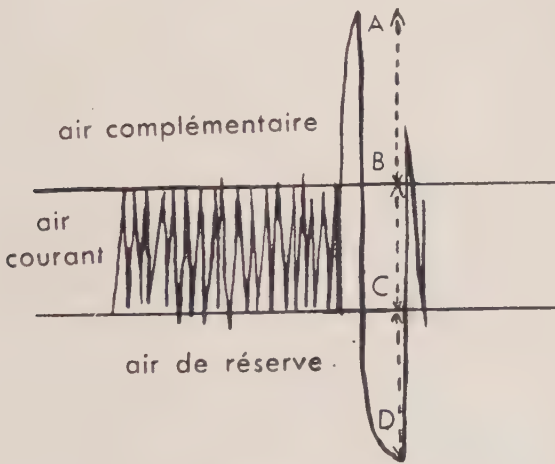


FIGURE 6

TRACE SPIROGRAPHIQUE DE LA MESURE DE LA CAPACITE VITALE

mètres. En multipliant les chiffres ainsi obtenus par 0,208 (puisque une dénivellation de 1 cm. de la plume sur le cylindre correspondait à un volume de 208 cm³ de la cloche), nous obtenions en litres la mesure des trois airs respiratoires et, par suite, de la capacité vitale (1). Nous faisons également le calcul systématique de la fréquence respiratoire minute et de la ventilation minute.

(1) Ces mesures correspondaient à la température et à la pression du circuit. Etant donné la marge d'erreur que nous nous étions fixée, nous n'avons pas tenu compte des variations correspondant à ces facteurs. D'ailleurs, comme les volumes respiratoires étaient mesurés dans le spiromètre, à la même pression moyenne que dans les voies aériennes, on voit mal comment on pourrait effectuer une correction de pression. Quant à la température, elle variait suffisamment peu d'une expérience à l'autre pour que nous ayons négligé la correction correspondante. En prenant 20° comme température du spiromètre, on aboutirait à un coefficient de correction de 0,94.

Dans un second temps, nous mesurons sur le graphique obtenu sur l'appareil Tiffeneau, les valeurs des C.P.U.E. avant et après l'aérosol d'acétylcholine. Pour ce faire, nous calculions (comme le montre la fig. 7) la hauteur de la chute de la plume enregistrée sur le cylindre pendant la première seconde de l'expiration forcée et rapide et nous mesurons le volume correspondant à la distance AB. Nous retenions le chiffre le meilleur obtenu dans les divers essais avant et après la bronchoconstriction. Nous trans-

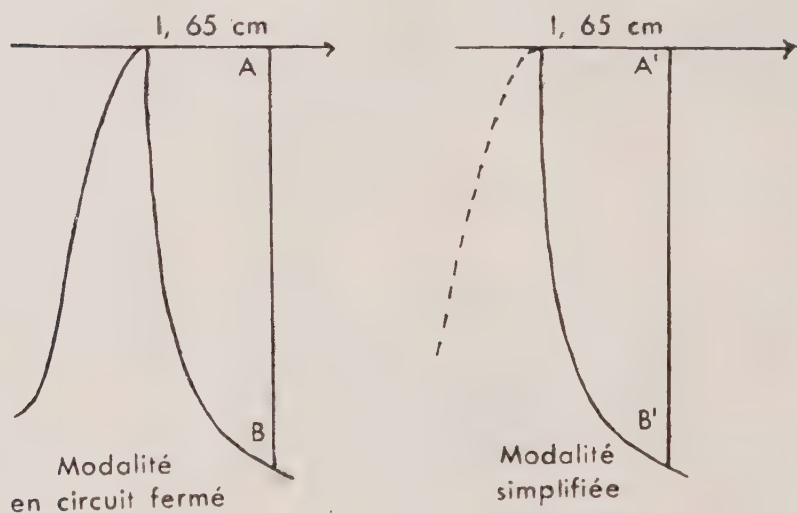


FIGURE 7

TRACE SPIROGRAPHIQUE DE LA MESURE
DE LA CAPACITE PULMONAIRE UTILISABLE A L'EFFORT

mettions l'ensemble des résultats, avec un commentaire succinct accompagné d'un calque des courbes, au malade et au médecin traitant.

Nous ne ferons que citer pour mémoire les études adjacentes, qu'il nous fut permis de réaliser.

- Calcul de la ventilation maxima;
- Mesure comparée du temps de l'inspiration et de l'expiration par étalement de quelques mouvements respiratoires normaux sur le cylindre de l'appareil de Tiffeneau;
- Etude de l'action de différents principes médicamenteux sur la C.P.U.E. en opérant d'une façon identique à celle décrite pour l'acétylcholine. C'est ainsi qu'il nous fut permis de le faire avec des aérosols d'aminophylline, d'aleudrine, de sérum de Heckel, d'Eau de La Bourboule.

III. — *Conclusion.*

Dans une atmosphère sereine, dans un cadre parfaitement adapté aux circonstances, nous nous sommes efforcés d'avoir nos malades bien en main en prenant, principe essentiel, le temps nécessaire pour que ces derniers soient rassurés sur leur sort et décidés à bien faire. Grâce à la disposition des lieux et à l'enchaînement des opérations, nous avons pu faire, dans un temps relativement court, une série d'épreuves qui nous ont permis d'effectuer une étude systématique de la ventilation pulmonaire chez certains curistes de La Bourboule. Nous allons maintenant décrire les résultats que nous avons obtenus, en montrant la valeur des tests choisis, avant de passer à leur application en Hydrologie.

IV

ETUDE DE LA CAPACITE VITALE ET DES AIRS RESPIRATOIRES

I. — *Position du problème.*

De très nombreux auteurs, depuis les premières études effectuées sur la fonction respiratoire, ont mesuré les valeurs de la capacité vitale, aussi bien chez les sujets sains que chez les malades, et ont discuté largement de leur intérêt clinique. Devant l'importance considérable de leurs variations numériques, certains ont essayé d'éliminer les facteurs anatomiques ou physiologiques qui sont à l'origine de ces dernières et ont étudié avec plus ou moins de succès des coefficients dont le nombre fort important semble montrer la médiocrité des résultats obtenus par leurs protagonistes.

Nous décrirons d'abord les mesures de la capacité vitale réalisées par les différents auteurs et par nous-même chez les sujets sains, puis chez les malades.

Nous aborderons ensuite l'étude des rapports tendant à permettre l'établissement d'une valeur théorique normale, indépendante de tout facteur personnel, de la capacité vitale et nous présenterons nos résultats sur ce sujet.

Puis nous traiterons d'une façon analogue la détermination des airs complémentaires, courants et de réserve.

Nous montrerons enfin ce que l'on peut conclure de l'ensemble de ces mesures spirométriques.

II. — *Les valeurs et les variations de la capacité vitale.*

Les premières évaluations sérieuses et systématiques de la capacité vitale furent réalisées par Hutchinson (113), en 1846, qui la calcula chez 2.130 individus normaux ou malades, de classes et

de conditions diverses. Depuis cette époque, de très nombreux travaux ont été réalisés sur ce sujet, mais bien peu y ont ajouté de nouvelles connaissances. Déjà, en effet, Hutchinson avait constaté ses variations en fonction du poids, de la taille, de l'âge et des affections pulmonaires. Il écrivit à ce sujet : « L'effet de la taille des individus apporte les modifications les plus remarquables de toutes celles présentées par la capacité vitale, à tel point que, connaissant la grandeur d'un homme, je puis dire quelle quantité d'air il devra souffler pour être de condition normale ». Ses diagrammes et ses tableaux montrent une relation linéaire entre la taille et la capacité vitale moyenne des individus entre 5 et 6 pieds (1 m. 50 et 1 m. 80) : « Pour chaque pouce (2,5 centimètres) de hauteur entre 5 et 6 pieds, 131 cm³ d'air à 60° F. sont expulsés par une expiration forcée. »

Il trouva que la relation entre le poids et la capacité vitale était moins régulière. Il remarqua toutefois que leur rapport entre 47 et 70 kilogs correspondait à une augmentation de 16,5 cm³ d'air pour 453,5 grammes. Pour lui, l'âge n'a qu'une influence relative sur la valeur de la capacité vitale. Celle-ci augmente jusqu'à 30 ans pour diminuer ensuite de 23,5 cm³ par année environ. Il ne découvrit aucune relation directe entre le périmètre thoracique et la capacité vitale; il nota enfin, parmi les causes de variation de cette dernière, l'intervalle de temps séparant les repas de l'heure de sa mesure, une nourriture abondante pouvant la faire diminuer de quelques 200 cm³.

La moyenne générale de ses mesures, qui n'a donc qu'une signification toute relative, correspond à la valeur classique de 3.500 cm³ se décomposant en 1.500 cm³ d'air complémentaire, 500 cm³ d'air courant et 1.500 cm³ d'air de réserve.

Hutchinson avait donc, grossièrement, décrit toutes les connaissances actuelles relatives à la capacité vitale. En fait, en dehors de toute affection pathologique, elle est éminemment variable. Nous allons essayer de déterminer à grands traits les facteurs physiologiques ou anatomiques pouvant retentir sur son développement normal.

Elle varie d'abord avec l'âge; ceci est parfaitement concevable et ne doit étonner personne. Depuis Hutchinson, de très nombreux chercheurs ont étudié ce problème : Arnold, en 1855 (193), Wintrich, Schnepf, en 1858 (116), René, en 1880 (194), Stiles et Graves, en 1915 (195), Emerson et Green, en 1921 (196), Joseph-Lafosse (185), Chabrol (163), Stewart, en 1922 (197), Wilson et Edwards (198), Achard et Binet (160 et 199), Mumford et Young (200), Protitch, en 1925 (201) qui cite d'Heucqueville à ce sujet (202), Nouvion, en 1926 (186), Reynier, en 1927 (203) qui rapporte les chiffres donnés par Sergent dans son Précis de Médecine, Lévy, en 1933 (204), Simon, en 1934 (205), Guillon, en 1936 (206), qui rappelle les travaux antérieurs de Peabody (*North. Medic.*, oct. 1922), de Lemon et Moersch (207) et de Piolti (208), Robin, en 1937 (209), reprenant une note antérieure de Pes-

cher (210), Tulou, en 1943 (173), qui cite Hermansen (211), Arnaud, Tulou et Méricot (loc. 147, p. 152) qui rapportent une publication de Landen (212).

Parmi les travaux de ces auteurs, signalons particulièrement les résultats obtenus par Wintrich qui a donné un tableau permettant d'obtenir une valeur théorique moyenne de la capacité vitale aux différents âges de la vie pour chaque centimètre de taille :

6 à 8 ans	6,5 à 9 $\frac{\%}{m^3}$	pour 1 $\frac{\%}{m}$ de taille
8 à 10 ans	9 à 11 $\frac{\%}{m^3}$	— 1 $\frac{\%}{m}$ —
10 à 12 ans	11 à 13 $\frac{\%}{m^3}$	— 1 $\frac{\%}{m}$ —
12 à 20 ans	13 à 22 $\frac{\%}{m^3}$	— 1 $\frac{\%}{m}$ —
20 à 25 ans	22 à 24 $\frac{\%}{m^3}$	— 1 $\frac{\%}{m}$ —
25 à 30 ans	22 à 24 $\frac{\%}{m^3}$	— 1 $\frac{\%}{m}$ —

Schnepf publia les correspondances suivantes entre la capacité vitale et l'âge des enfants (116) :

3 ans	400 $\frac{\%}{m^3}$	10 ans	2.220 $\frac{\%}{m^3}$
4 ans	660 —	11 ans	2.480 —
5 ans	920 —	12 ans	2.740 —
6 ans	1.180 —	13 ans	2.900 —
7 ans	1.440 —	14 ans	3.160 —
8 ans	1.700 —	15 ans	3.420 —
9 ans	1.960 —	16 ans	3.680 —

Chabrol, dans sa thèse (163), donne les valeurs de la capacité vitale selon l'âge et le sexe, d'après ses mesures :

Chez l'homme adulte	3.200 à 4.000 $\frac{\%}{m^3}$
Chez la femme	2.500 à 3.000 $\frac{\%}{m^3}$
Chez l'enfant de 4 ans ..	500 $\frac{\%}{m^3}$
Chez l'enfant de 12 ans ..	1.500 $\frac{\%}{m^3}$
Chez les vieillards	2.800 $\frac{\%}{m^3}$

Achard et Binet écrivent (160) : « La capacité vitale de l'enfant peut être rapportée utilement à l'âge... » et établissent les correspondances suivantes :

6 ans	825 $\frac{\%}{m^3}$	11-12 ans	1.610 $\frac{\%}{m^3}$
7-8 ans	1.190 —	13 ans	1.830 —
9 ans	1.270 —	14 ans	2.210 —
10 ans	1.510 —		

Protitch, dans sa thèse, rapporte un tableau tiré du travail de d'Heucqueville (202) :

3 à 4 ans ..	400 à 500 $\frac{\%}{m^3}$	17 ans ..	3.400 $\frac{\%}{m^3}$
5 ans ..	800 à 1.000 —	20 ans ..	3.623 —
8 à 10 ans ..	1.357 —	30 ans ..	3.520 —
10 à 12 ans ..	1.760 —	40 ans ..	3.500 —
12 à 14 ans ..	1.820 —	55 ans ..	2.862 —
15 ans ..	2.544 —	60 ans ..	2.816 —
16 ans ..	2.777 —		

Reynier (203) reproduit les moyennes de la capacité vitale, établie par Sergent dans son Précis de Médecine, relatives aux enfants :

2 à 4 ans ..	500 cm^3	15 ans ..	2.500 cm^3
5 ans ..	800 à 1.000 —	17 ans ..	3.400 —
10 à 12 ans ..	1.700 —		

Guillon dans sa thèse (206) décrit ses variations d'après l'âge des individus et publie les résultats de ses mesures :

De 15 à 25 ans.	3.600 cm^3	De 45 à 55 ans.	3.150 cm^3
25 à 35 ans.	3.650 —	55 à 65 ans.	2.350 —
35 à 45 ans.	3.350 —		

Il rappelle que d'après Schnepf (116), son maximum se placerait à l'âge de 20 ans, que pour Lemon et Moersch (207) et pour Peabody elle ne subirait aucune modification chez l'adulte jusqu'à 50 ans. Pour lui, comme pour Piolti (208), elle a une valeur optimale à 25 ans. Plus tard elle diminue.

Voici un tableau résumant quelques-uns des résultats qu'il a obtenus personnellement selon l'âge et le sexe des enfants :

Garçons

5-7 ans	0,800 à 1,500 l.	moyenne	1,200 l.
8-10 ans	0,700 à 2,000 l.	—	1,500 l.
10-12 ans	1,100 à 2,700 l.	—	1,700 l.
13-14 ans	1,200 à 3,500 l.	—	2,100 l.

Filles

6-7 ans	0,700 à 1,100 l.	moyenne	0,800 l.
7-8 ans	0,700 à 1,250 l.	—	0,900 l.
8-9 ans	0,800 à 1,800 l.	—	1,200 l.
10-11 ans	0,900 à 2,100 l.	—	1,400 l.
11-12 ans	1,400 à 1,700 l.	—	1,600 l.
12-14 ans	1,250 à 2,800 l.	—	1,800 l.

Robin, dans sa thèse (209), rapporte la capacité vitale à l'âge chez les enfants et reproduit les chiffres suivant de Pescher (210) :

6-7 ans.....	1.200 cm^3	11-12 ans.....	1.900 cm^3
7-8 ans.....	1.300 —	12-13 ans.....	2.200 —
8-9 ans.....	1.450 —	13-14 ans.....	2.250 —
9-10 ans.....	1.650 —	14-15 ans.....	2.500 —
10-11 ans.....	1.770 —	15 ans.....	2.750 —

Enfin, Tulou relate cette constatation d'Hermansen (211) : « Chez 50 hommes âgés de plus de 55 ans examinés au repos, il n'y a pas de différence avec les individus jeunes en ce qui concerne la fréquence respiratoire, l'air courant, la consommation d'oxygène, mais la capacité vitale est presque toujours diminuée : 3 litres

contre 4 à 5 litres chez les individus de 20 à 35 ans, portant surtout sur le volume inspiratoire, semblant témoigner de l'apparition de rigidité thoracique.»

Le schéma suivant (fig. 8) résume les résultats que nous venons de développer, ainsi que ceux que nous avons obtenus dans nos mesures personnelles à La Bourboule.

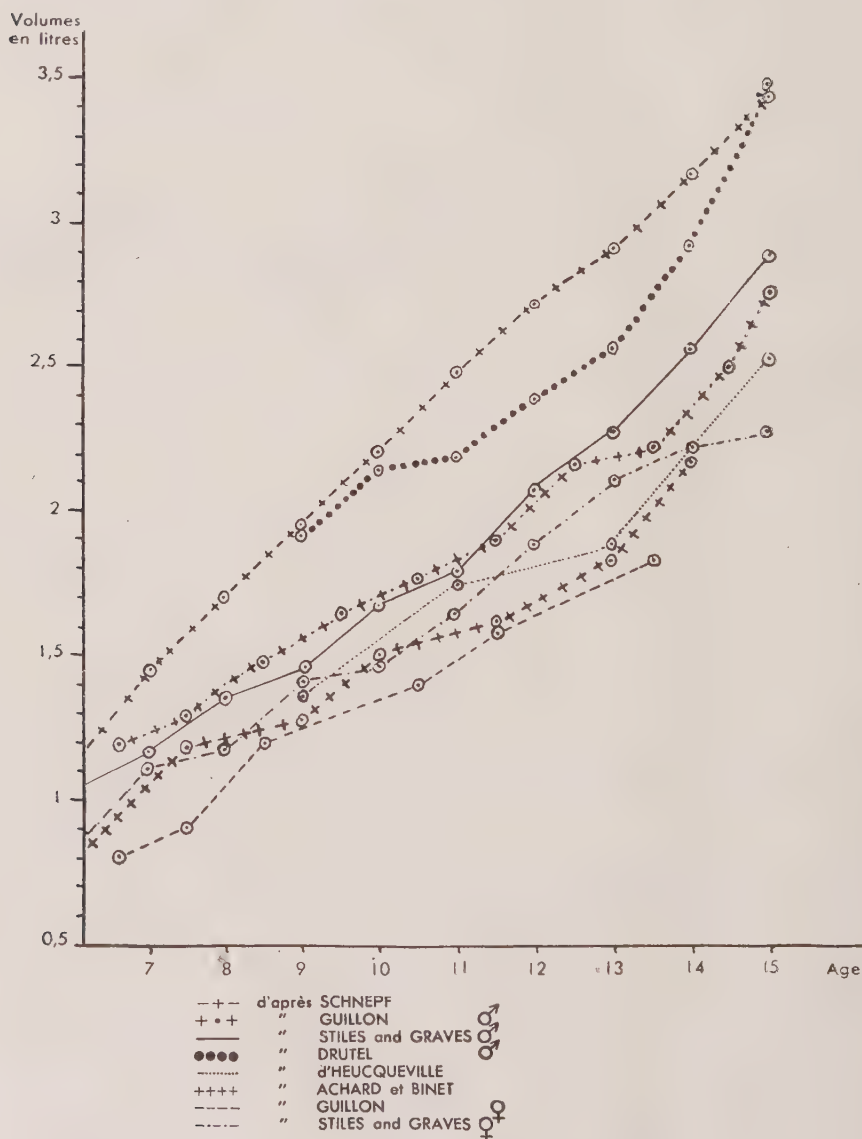


FIGURE 8
VALEUR DE LA CAPACITE VITALE
CHEZ LES GARÇONS ET LES FILLES DE 7 A 15 ANS

Parmi les facteurs physiologiques susceptibles de provoquer des variations de la valeur de la capacité vitale, la taille fut très souvent invoquée grâce aux travaux d'Hutchinson sur ce sujet. Citons parmi les auteurs ayant contribué à cette étude : Arnold (193), Wintrich, Vierordt, en 1855 (114), Barbès, en 1919 (213), Joseph-Lafosse (185), Stewart (197), Wilson et Edwards (198), Achard et Binet (160), Mumford et Young (200), Nouvion (186), Dussert, en 1936 (214), Guillon (206) et Robin (209).

C'est ainsi que Vierordt (114) établit les correspondances suivantes entre la capacité vitale en centimètres cubes et la taille des individus en centimètres :

TAILLE EN cm	CAPACITÉ VITALE EN cm ³
154 à 157,5 cm	2,635 cm ³
157,5 à 159,5 —	2,841 —
159,5 à 162 —	2,982 —
162 à 164,5 —	3,167 —
164,5 à 167 —	3,484 —
167 à 169,5 —	3,520 —
169,5 à 172 —	3,560 —
172 à 174,5 —	3,634 —
174,5 à 177 —	3,842 —
177 à 179,5 —	3,884 —
179,5 à 182 —	4,034 —
182 à 185 —	4,454 —

Achard et Binet (160) rapportent que chez l'enfant normal, pour chaque centimètre de taille, correspond un volume moyen de la capacité vitale équivalent à :

6 ans.....	8 cm ³	10 ans.....	12 cm ³
7-8 ans.....	10,15 —	11-13 ans.....	13 —
9 ans.....	10,45 —	14 ans.....	14,90 —

Robin enfin, dans sa thèse, compare la capacité vitale à la taille, reprenant les travaux antérieurs de Pescher (210), et reproduit le tableau suivant :

Pour les Hommes

Taille de 1 m. 78 et plus ...	Capacité vitale...	5 litres
— de 1 m. 76	— — ...	4,750 l.
— de 1 m. 74	— — ...	4,500 l.
— de 1 m. 72	— — ...	4,250 l.
— de 1 m. 70	— — ...	4,000 l.
Au-dessous	— — ...	3,500 l.

Pour les Femmes

Taille de 1 m. 60 et au-dessus : Capacité vitale ... 3,000 à 3,500 l.
Taille de 1 m. 60 et au-dessous : Capacité vitale ... 2,750 à 3,000 l.

Pour les adultes au-dessus de 60 ans, défalquer 0,500 l.

Dans d'autres publications, certains auteurs montrèrent les variations de la capacité vitale selon le poids des individus, comme l'avait déjà établi Hutchinson. Citons les recherches de : Arnold (193), Barbès (213), Stewart (197), Achard et Binet (160), Emerson et Green (196), Mumford et Young (200) et enfin, Guillon (206).

Achard et Binet (160) remarquent en particulier que pour chaque kilog de leur poids les enfants ont, selon leur âge, une capacité vitale de :

6 ans.....	50,25 $\frac{\text{cm}^3}{\text{kg}}$	9-10 ans.....	55,80 $\frac{\text{cm}^3}{\text{kg}}$
7 ans.....	52,45 —	10-13 ans.....	58,65
8 ans.....	53,10 —	14 ans.....	60,95 —

En rapport plus ou moins étroit avec la taille et le poids du corps, la capacité vitale devait varier selon la surface corporelle; aussi les recherches se sont-elles orientées sur cette voie dès que l'ont pu facilement calculer cette dernière, grâce en particulier aux tables de Du Bois. A la suite des premiers travaux de West, en 1920 (215), Wilson et Edwards (198), Achard et Binet (160), Dussert (214), Guillon (206), parmi d'autres auteurs, montrèrent qu'en effet ses valeurs étaient relativement dépendantes de la surface corporelle.

Achard et Binet (160) rapportent par exemple que, pour une surface d'un mètre carré, un enfant normal a une capacité vitale de :

7 ans.....	1,375 $\frac{\text{cm}^3}{\text{m}^2}$	10 ans.....	1,630 $\frac{\text{cm}^3}{\text{m}^2}$
8 ans.....	1,435 —	11-13 ans.....	1,655 —
9 ans.....	1,530 —	14 ans.....	1,800 —

Hutchinson avait essayé de montrer, sans succès d'ailleurs, l'existence d'une relation directe entre ses valeurs normales et le périmètre thoracique. Arnold (193) reprit ce travail et dans son importante monographie, relata qu'en fait elle variait plus ou moins parallèlement à ce facteur. Mumford et Young (200),

Dussert (214), Guillon (206), confirmèrent les résultats d'Arnold; alors que Barbès (213) notait que la capacité vitale équivalait au septième du volume du tronc.

C'est Arnold qui montra le premier que le sexe était un facteur de variations de la capacité vitale (193); Stiles et Graves (195), Barbès (213), Emerson et Green (196), Joseph-Lafosse (185), Stewart (197), Wilson et Edwards (198), Nouvion (186), Dussert (214), Guillon (206), Pescher (210) d'après Robin (209)... constatèrent entre autres ce fait. Tous sont d'accord pour admettre que la capacité vitale est plus faible chez la fillette que chez le garçon, chez la femme que chez l'homme. C'est ainsi que Barbès remarque que sa valeur moyenne est de 3.650 cm³ chez l'homme et de 2.550 cm³ chez la femme (chiffre d'Arnold) et que Wilson et Edwards ont trouvé qu'elle est 6 % plus élevée chez les garçons que chez les filles du même âge.

L'action sur la capacité vitale des conditions d'existence et de travail s'est montrée particulièrement nette à Hutchinson, puis à Arnold (193), à Stiles et Graves (195), à Joseph-Lafosse (185), à Dussert (214), à Guillon (206)... En fait, elle semble être assez nettement plus élevée chez les sujets vivant dans de bonnes conditions d'hygiène et fournissant un effort physique régulier et important, en particulier chez les sportifs.

Wilson et Edwards (198), en 1922, établirent que les volumes de la capacité vitale étaient plus grands chez les enfants blancs que chez les enfants noirs de même âge et de constitution identique. Le facteur racial fut également reconnu par Piolti (208) que cite Guillon (206).

A de nombreux expérimentateurs, par ailleurs, les conditions d'examen ont semblé, avec juste raison certes, retentir avec une particulière netteté sur la mesure de la capacité vitale : Les résultats obtenus selon la position du corps furent étudiés, parmi d'autres auteurs, par Hutchinson (113), Arnold (193), Bohr (121), en 1906, Barbès (213), Christie et Beams (216), en 1922, Rabinowitch (217), en 1923, Guichard (218), en 1935, Guillon (206) et Lesage (219), en 1945. Tous reconnaissent que la capacité vitale est plus faible en position couchée qu'en position assise ou debout. Christie et Beams (216) constatèrent que, sur 290 examens, dans 20 % des cas, elle était identique en position assise ou couchée, mais que la plupart du temps, elle était affaiblie de 6 ou 7 % lorsque le sujet était étendu. Chez les obèses, ils remarquèrent qu'elle était diminuée de 15 % en position couchée vis-à-vis de la position assise.

L'état de la digestion et le moment de l'examen par rapport aux repas furent l'objet des recherches de Hutchinson (113), Arnold (193), Barbès (213), Wittich, Myers et Jennings, en 1920 (220), Guillon (206), Loustau (221), en 1937. Ils notèrent une

diminution, plus ou moins marquée selon les sujets, de la capacité vitale, après les repas.

Enfin, de nombreux auteurs firent des études personnelles sur d'autres facteurs pouvant produire des variations de son volume. Bohr (121) montra qu'une ventilation forcée, un ralentissement de la respiration, une atmosphère contenant un fort pourcentage de gaz carbonique ou une petite concentration d'oxygène, provoquaient une faible diminution de la capacité vitale.

Peabody et Sturgis (124) remarquèrent que les sujets placés dans un état de grande fatigue physique, normaux quant à leurs appareils cardiaques ou pulmonaires, ne subissaient qu'une assez faible diminution de la capacité vitale.

Wittich, Myers et Jennings (220) mirent en évidence qu'elle n'était que légèrement abaissée par la grossesse, qu'elle était la même avant et après la délivrance et revenait rapidement à sa valeur normale au moment de la convalescence.

Pratt, en 1922 (222), fit des mesures de la capacité vitale chez les mêmes individus échelonnées sur plusieurs années. Il trouva des variations considérables.

Edwards et Wilson (223) montrèrent qu'elle variait sur des sujets identiques avec les appareils de mesure, la résistance de ces derniers diminuant les valeurs établies.

Joannidès, en 1924 (224), établit que la dyspnée produite par différents moyens physiques (exercice, atmosphère pauvre en oxygène) provoquait une diminution du volume de la capacité vitale.

Guichard (228) nota, au moment de sa mesure, l'importance de la liberté des mouvements abdominaux et thoraciques en rapport avec l'habillement; Guillon (206) remarqua que l'entraînement pouvait produire une amélioration de 10 % des chiffres trouvés; Loustau constata qu'ils étaient plus faibles chez les montagnards par suite d'un blocage thoracique (221); Hermansen (211), d'après Tulou, constata que l'entraînement les augmentait, mais pas de façon obligatoire ou proportionnelle; enfin, Lesage nota, parmi les causes d'erreurs et de variations de ses évaluations, la bonne volonté, la docilité et la compréhension des sujets.

De cette étude ressort la variabilité considérable de la capacité vitale constatée, par la plupart des auteurs, par suite du nombre important de facteurs pouvant influencer sa mesure. C'est pourquoi les chiffres, donnés par les expérimentateurs, de sa valeur normale sont en rapport étroit avec les conditions d'expérience et leur

comparaison n'a donc qu'un intérêt très faible. Voici, à la suite de cette mise au point indispensable, un tableau récapitulatif des moyennes établies par quelques auteurs chez les adultes :

TABLEAU II

3.500 $\%_m^3$	Hutchinson : 1.500 $\%_m^3$ d'air complémentaire. 500 $\%_m^3$ d'air courant. 1.500 $\%_m^3$ d'air de réserve. Gréhant (117). Achart et Binet qui constatent (160) l'existence de valeurs atteignant 4.500, voire 6.000 $\%_m^3$. Arthus (225), d'après Novion (186). Simon (205).
3.600 $\%_m^3$	Fabre et Guichard (226). Guichard (218) dont : 2.000 $\%_m^3$ d'air complémentaire. 600 $\%_m^3$ d'air courant. 1.000 $\%_m^3$ d'air de réserve. Dussert (214). Guillon (206).
3.200 à 4.000 $\%_m^3$ chez l'homme	Chabrol (163).
2.500 à 3.000 $\%_m^3$ chez la femme	
3.000 à 4.000 $\%_m^3$	Laurentin qui cite les chiffres maximum de 6.000 et même 6.500 $\%_m^3$ (171).
3.746 $\%_m^3$	Protitch (201).
3.770 $\%_m^3$	Smith. Beauvis (227). Morat et Doyon (228). Laulanié (229). Gley (230) dont : 1.670 $\%_m^3$ d'air complémentaire. 500 $\%_m^3$ d'air courant. 1.600 $\%_m^3$ d'air de réserve.
3.910 $\%_m^3$	Maestrelli.
3.950 $\%_m^3$	Medical Research Council, séries n° 28-37-53.
3.500 à 5.000 $\%_m^3$	Tulou (173). Lesage (219).
4.000 $\%_m^3$	Olivier (H.-R.). Nouvelle édition, sous presse, des <i>Diagnostics biologiques</i> de Fiessinger, H.-R. Oli- vier et Herbain.

Que faut-il conclure de cette étude de la capacité vitale chez les sujets normaux ? Certains lui donnent un intérêt incontestable.

Protitch (201) dans sa thèse écrit : « Un seul fait est certain, c'est que tout individu en bonne santé, entre 20 et 40 ans, a une capacité vitale constante ou du moins peu variable, sauf modifications importantes du genre de vie. »

Laurentin, après avoir fait une description détaillée (171) des différentes épreuves fonctionnelles de la respiration, place en bon rang la mesure de la capacité vitale. Selon lui, son intérêt majeur est la facilité de son obtention et sa signification correspond à l'indication qu'elle donne du volume pulmonaire maximum qu'un sujet peut utiliser (1).

Reynier conclut dans sa thèse : « La capacité vitale renseigne utilement le biologiste et devient un critère fonctionnel non négligeable (203). »

Enfin, Lesage (219) affirme qu'elle « a une importance toute particulière en tant que test d'exploration fonctionnelle pulmonaire ».

Au contraire, d'autres auteurs considèrent sa mesure comme sujette à de nombreuses critiques.

Nouvion (186) conclut dans sa thèse « qu'il n'y a pas d'étalon physiologique permettant de définir ses valeurs normales ».

Tulou affirme que « sans vouloir, comme Petzold (231), l'éliminer comme test fonctionnel pulmonaire, nous devons nous entourer de toutes les garanties dans sa mesure et dans son interprétation ».

Enfin Birath (144) constate « qu'elle donne des renseignements incomplets sur la valeur des poumons à l'état pathologique et qu'il estime impossible de baser sur elle une comparaison entre la fonction des cas pathologiques différents... Elle ne peut être acceptée comme un test satisfaisant de la fonction pulmonaire que chez les individus sains ».

En fait, de cet ensemble de recherches et de mesures de la capacité vitale, il ressort quelques constatations :

1° La variabilité des chiffres moyens normaux est importante, puisque dans notre documentation ils passent de moins de 3.500 à plus de 4.000 cm³ selon les expérimentateurs, chez les hommes.

2° Fait encore plus caractéristique, les marges entre lesquelles se situent les valeurs pouvant être considérées comme normales sont très vastes : 3.200 à 6.500 cm³ chez l'homme adulte et sain. De ce fait, il semble assez difficile de fixer une limite inférieure interprétable de ses valeurs normales et, en tant que test unique

(1) Cette indication est beaucoup plus théorique que réelle, car jamais un individu ne peut utiliser en ventilation maxima la totalité de sa capacité vitale.

d'exploration fonctionnelle, la capacité vitale est insuffisante pour faire le diagnostic d'un léger trouble de la ventilation pulmonaire.

3° Les nombreux facteurs pouvant influencer le volume de la capacité vitale provoquent, chez cette dernière, d'importantes variations. En dehors des causes d'erreurs extrinsèques : qualités de l'expérimentateur et de l'appareillage, conditions d'expérience, docilité et bonne volonté du sujet, existent des facteurs physiologiques et anatomiques sur lesquels il est impossible d'agir. La taille, le poids, la surface corporelle, l'âge, le sexe, la race, les conditions d'existence et de travail influent d'une façon plus ou moins directe et constante sur la valeur de la capacité vitale.

4° Aussi, pour effectuer, d'une façon systématique et digne d'interprétation, sa mesure, il est donc nécessaire :

- d'étalonner d'une façon précise les sujets par étude de leurs constantes physiques corporelles;
- d'effectuer les expériences avec soin en prenant le temps nécessaire pour les répéter sans qu'il en résulte de fatigue;
- d'opérer toujours dans des conditions identiques :
 - Position du corps,
 - Moment de l'examen par rapport aux repas, à jeun de préférence,
 - Repos physique des sujets,
 - Appareils de mesure uniques, sinon différents, mais alors avec caractéristiques précises et comparées entre elles.

Au Laboratoire d'Exploration fonctionnelle pulmonaire des Grands Thermes de La Bourboule, nous avons, pour la mesure de la capacité vitale des sujets examinés, toujours opéré ainsi :

Après avoir classé les malades par sexe et par âge, nous calculons leur taille, leur poids et leur surface corporelle par la table de Du Bois, éliminant toute autre détermination physique, moins intéressante à notre avis.

Nous avons toujours répété deux fois les mesures, voire davantage, si les premières étaient largement différentes, et nous retenons l'essai s'étant montré le plus satisfaisant.

Chaque examen fut opéré le sujet couché pour faciliter les manœuvres que nous étions obligés d'effectuer, le matin à jeun ou après un léger déjeuner, parfois le soir entre 17 h. 30 et 19 heures, après 20 minutes de repos. Les mesures furent faites sur le même appareil (modèle Cara), dans l'ambiance la plus détendue et la plus sereine pour le sujet.

Voici les tableaux qui résument les valeurs que nous avons obtenues par âge et par sexe sur les enfants et les adultes qui nous

furent adressés (tableau III). Rentrent dans cette énumération tous les sujets cliniquement normaux et tous ceux, asthmatiques ou bronchiteux, dont la capacité vitale, au moment de l'examen, était supérieure à la plus faible valeur numérique trouvée pour un individu normal du même âge et du même sexe. Cette classification est certes loin d'être exempte d'erreurs, en tout cas elle est sans aucune prétention. Son but fut de nous donner un ordre de grandeur approximatif des valeurs de la capacité vitale, selon notre technique, et de pouvoir ranger les chiffres obtenus en normaux, douteux ou nettement pathologiques, ces derniers seuls correspondant d'une façon certaine à la définition de leur classe.

TABLEAU III

♂	CAPACITÉ VITALE EN CM ³			♀	CAPACITÉ VITALE EN CM ³		
	Minimum	Moyenne	Maximum		Minimum	Moyenne	Maximum
6 ans	»	1.365	»	.....	»	»	»
7 ans	1.545	1.810	2.035	.....	»	1.215	»
8 ans .....	»	»	»	.....	1.215	1.285	1.460
9 ans	1.690	1.970	2.285	.....	1.305	1.625	1.995
10 ans	1.800	2.135	2.515	.....	1.430	1.465	1.500
11 ans	1.910	2.195	2.480	.....	1.605	1.890	2.100
12 ans	2.090	2.395	3.065	.....	1.785	2.020	2.380
13 ans	2.350	2.555	2.810	.....	1.980	2.530	3.060
14 ans	2.460	2.905	3.815	.....	2.245	2.550	3.030
15 ans	3.300	3.485	3.570	.....	2.370	2.740	3.090
16-18 ans	3.430	4.205	4.780	.....	2.910	3.035	3.155
18-20 ans	3.735	4.055	4.280	.....	»	»	»
20-25 ans	4.210	4.905	5.880	.....	3.330	3.525	3.755
25-35 ans	4.175	5.240	6.015	.....	2.880	2.950	3.215
Tableau correspondant à 119 examens et à 78 sujets différents.				Tableau correspondant à 81 examens et à 52 sujets différents.			

TABLEAU IV

AGE	Valeurs certainement pathologiques	en cm ³	Valeurs douteuses	en cm ³	Valeurs probablement normales	Valeurs certainement pathologiques	en cm ³	Valeurs douteuses	en cm ³	Valeurs probablement normales
7 ans.	<	1.350	< <	1.500	<	<	»	< <	»	<
8 —	—	1.440	— —	1.600	—	—	1.080	— —	1.200	—
9 —	—	1.530	— —	1.700	—	—	1.170	— —	1.300	—
10 —	—	1.620	— —	1.800	—	—	1.260	— —	1.400	—
11 —	—	1.710	— —	1.900	—	—	1.350	— —	1.500	—
12 —	—	1.890	— —	2.100	—	—	1.485	— —	1.650	—
13 —	—	2.070	— —	2.300	—	—	1.620	— —	1.800	—
14 —	—	2.250	— —	2.500	—	—	1.800	— —	2.000	—
15 —	—	2.520	— —	2.800	—	—	1.980	— —	2.200	—
16-18	—	2.790	— —	3.100	—	—	2.250	— —	2.500	—
♂						♀				

Tableaux permettant d'établir une signification clinique approximative de la capacité vitale. (Les chiffres donnant la limite inférieure des valeurs probablement normales ont été obtenus par nos mesures, les chiffres donnant la limite supérieure des valeurs certainement pathologiques l'ont été en diminuant de 10 % les chiffres correspondants de la colonne précédente).

De l'ensemble des résultats normaux que nous avons obtenus, il ressort que :

1° L'interprétation des mesures de la capacité vitale est difficile et il est nécessaire, pour le moins, de rapporter les chiffres obtenus à l'âge et au sexe. Dans ces conditions, on peut définir une zone des valeurs certainement pathologiques, séparée de la zone des valeurs probablement normales, par une zone importante de valeurs douteuses (tableau IV et fig. 9). De ce fait, le volume de la capacité vitale ne peut pas être utilisé en tant que test unique d'appréciation de la ventilation pulmonaire (1).

(1) Les figures 10 et 11 schématisent les résultats obtenus par Cara au Centre d'exploration fonctionnelle du Service de Chirurgie thoracique à l'Hôpital Laënnec, dans les mesures de la capacité vitale chez des malades pleuro-pulmonaires, d'après l'âge et le sexe (225 hommes, 241 femmes).

2° La capacité vitale varie avec le sexe; elle est plus élevée chez les garçons que chez les filles et plus nettement encore chez l'homme que chez la femme (fig. 8).

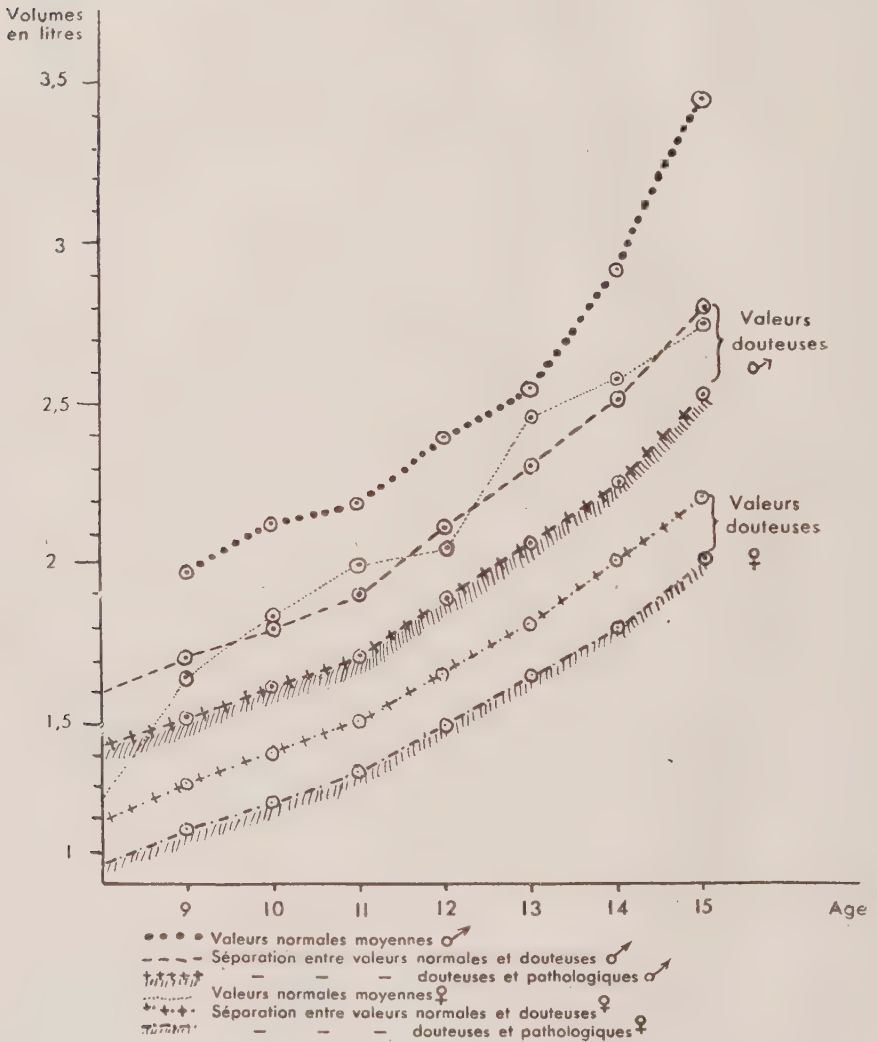


FIGURE 9

ZONES DES VALEURS NORMALES, DOUTEUSES ET PATHOLOGIQUES
DE LA CAPACITÉ VITALE CHEZ LES GARÇONS ET LES FILLES

3° Elle passe par un maximum entre 25 et 30 ans chez l'homme dont la valeur moyenne est d'environ 4.500 cm³ et entre 20 et 25 ans chez la femme, de 3.500 cm³.



FIGURE 10

RESULTATS DES MESURES DE LA CAPACITE VITALE
CHEZ LES HOMMES A L'HOPITAL LAENNEC (D^r CARA)



FIGURE 11

RESULTATS DES MESURES DE LA CAPACITE VITALE
CHEZ LES FEMMES A L'HOPITAL LAENNEC (D^r CARA)

Malgré les difficultés de l'interprétation des mesures, de nombreux auteurs se sont attachés à rechercher les variations de la capacité vitale au cours des diverses affections.

Le retentissement qu'elle subit dans les troubles cardiovasculaires fut mis en évidence par Arnold, en 1855 (193), puis par Rubow, en 1903 (232), par Bittford et Forschbach, en 1910 (233), par Siebeck (234) et surtout par Peabody et Wentworth, en 1917 (124); ceux-ci montrèrent le rapport existant entre la dyspnée et la diminution de la capacité vitale, les cardiopathies bien compensées ne provoquant, selon eux, qu'un affaiblissement de 10 %, les cardiopathies mal compensées ou asystoliques, un affaissement de 60 %; puis ces recherches furent poursuivies par Opitz, en 1922 (235), par Binger, en 1923 (236), Lundsgaard et Schierbeck (157), Erard, en 1925 (237), Reynier, en 1927 (203), Simon, en 1934 (205), et enfin, Tempelhoff, en 1939 (238). Simon, en particulier, note que chez les cardiaques « la capacité vitale moyenne n'est que de 1.600 cm³ pour des sujets d'âge moyen de 56 ans ».

Beaucoup plus nombreux sont ceux qui étudièrent les effets des troubles pulmonaires sur la capacité vitale. Hutchinson (113) remarqua que 78 % des capacités vitales étaient normales chez les tuberculeux au début, 38 % seulement l'étaient dans les tuberculoses tardives. Ce problème fut étudié ensuite par Hecht (115), Garvin, Lundsgaard et Van Slyke, en 1918 (239), Dreyer et Burrell, en 1920 (240), Myers, en 1922 (241), et plus près de nous Petzold (231), puis Arnaud, Tulou et Méricot (147). Tous constatèrent une diminution de la capacité vitale et considérèrent que la grande variation individuelle de ses mesures rendait l'usage de son étude, en tant que test unique, bien incertain en phtisiologie.

Le pneumothorax entraîne une diminution importante de la capacité vitale, comme l'ont montré Dumarest et Lelong (243), en 1921, et Loustau (221). Dans le pneumothorax thérapeutique, l'affaiblissement peut atteindre le cinquième ou le quart de la valeur totale de la capacité respiratoire vitale avant l'intervention. Elle se relève dans la suite et revient le plus souvent à la normale au bout de deux semaines à six mois (Dumarest et Lelong).

Dans la pneumonie lobaire, comme dans le pneumothorax spontané, une nette diminution de la capacité vitale survient (Rist, loc. 146, p. 214), car celle-ci est limitée par la douleur et par la présence du bloc pulmonique. Il en est de même dans les congestions pulmonaires et dans les états qui s'accompagnent d'une présence exagérée de sang dans les poumons (Arnaud, Tulou et Méricot, loc. 147, p. 164).

Les séquelles d'atteinte pulmonaire par les gaz de combat ont été étudiées par Rousselot (184) qui constata un abaissement sensible de la capacité vitale et une fatigue rapide aux efforts respiratoires.

La silicose a été l'objet de nombreuses et importantes études, vu le grand intérêt de l'exploration fonctionnelle de la respiration dans cette maladie : Hurtado, Fray et Mac Cann, en 1934 (243).

Roeslen et Bay, en 1940 (244), Zorn, en 1941 (245) et Verneiges, en 1947, remarquèrent une diminution de la capacité vitale, du moins dans les cas purs; Arnaud, Tulou et Méricot (loc. 147, p. 167) constatèrent le manque de parallélisme entre les signes cliniques et radiologiques et, de ce fait, l'utilité de l'étude de la capacité vitale pour juger de l'aptitude au travail du sujet examiné.

La pleurésie provoque également une baisse de cette dernière (Rist, loc. 146, p. 211; Arnaud, Tulou et Méricot, loc. 147, p. 158) ainsi que la symphyse pleurale et les kystes aériens : Jéquier et Mengis (247).

Quant aux affections à type de spasmes ou de catarrhes bronchiques : bronchite chronique, asthme, emphysème, sclérose pulmonaire, dilatation des bronches, qui relèvent de la cure bourboulleuse, les publications sont nombreuses à ce sujet.

Déjà Arnold, d'après Guillon (206), estimait ainsi l'influence des troubles suivants sur la ventilation pulmonaire et la capacité vitale :

1/10 à 1/5 pour les catarrhes légers,
1/8 à 1/3 pour les bronchites chroniques,
1/8 à 1/2 pour les pneumonies et les pleurésies,
1/3 à 3/4 pour l'emphysème pulmonaire,
1/2 à 3/5 pour l'hypertrophie cardiaque.

Guillon, reprenant une note de Moersch, concluait cette énumération ainsi : « Tout ce qui influence les fonctions normales et l'activité des poumons a un retentissement direct sur la capacité vitale. »

Après les travaux de Schnepf (116), Rosenthal, en 1913 (248) et Douay, en 1914 (249), montrèrent dans l'emphysème pulmonaire l'existence d'un ralentissement de l'expiration spirométrique qu'ils dénommèrent anisochronométrie (Rosenthal). Lorsque cette affection s'accompagne de rigidité thoracique, ils remarquèrent une réduction nette de la capacité vitale, affaissée, parfois à un litre.

Puis, en 1920, West (215), Crey (250), Peabody et Sturgis (124), Wilson et Edwards, en 1922 (198), reprurent cette étude. Chez les enfants, ces derniers établirent un tableau montrant la diminution de la capacité vitale selon les affections suivantes :

Adénopathies trachéobronchiques	20 à 30 %
Bronchites aiguës	10 à 20 %
Asthmes bronchiques (entre les crises)	0 à 30 %
Emphysèmes	10 à 15 %
Pleurésies avec épanchements	30 à 40 %
Tuberculoses pulmonaires	30 à 50 %
Pneumonies lobaires	40 à 50 %

Stewart (197) arriva à des conclusions analogues. Dans l'asthme bronchique il trouva une grande réduction de la capacité vitale immédiatement après la crise et il nota que cette diminution dispa-

raissait rapidement au moment de la rétrocession des symptômes. De plus, il considéra que sa mesure, dans la pneumonie et les autres affections aiguës du poumon, était imprudente.

Célice, en 1927 (251), fit une étude systématique de la capacité vitale et du rapport Air courant/Capacité vitale. Il constata : « La sclérose pulmonaire et l'emphysème s'accompagnent d'une diminution progressive de la capacité vitale. Mais il est très fréquent de trouver celle-ci proche de la normale chez certains individus au thorax rigide pour les parties supérieures et aux ampliatiions thoraciques inférieures et abdominales, importantes. D'autre part, le rapport Air courant/Capacité vitale n'est pas suffisant pour faire estimer la valeur fonctionnelle pulmonaire. »

Simon (205) détermina ainsi les valeurs des volumes respiratoires dans la bronchite chronique, l'emphysème et la sclérose pulmonaire :

L'air courant est variable : 265 à 555 cm³; moyenne : 382 cm³.

L'air complémentaire a une moyenne de 1.000 cm³.

L'air de réserve varie de 180 à 1.145 cm³; moyenne : 500 cm³.

La capacité vitale a une valeur moyenne de 1.876 cm³.

Ces chiffres correspondent à des sujets d'âge moyen de 58 ans. Loustau, en 1937 (221), fait les remarques suivantes sur les variations de la capacité vitale : « Dans l'emphysème pulmonaire : diminution nette; lorsqu'il n'y a pas de rigidité thoracique le malade souffle sans peine les 500 ou 1.000 premiers centimètres cubes, puis fait un effort pour atteindre 1.500 ou 2.000 cm³; en cas de rigidité, la capacité vitale est très réduite. » Il constate par ailleurs que, dans le pneumothorax et la ptose, l'amoindrissement de cette dernière est la règle.

Plus près de nous, Knipping (133), Lambert, Berry, Cournand et Richards (136), Médioni (252), Anthony (253), Arnaud, Tulou et Mérigot (loc. 147, p. 155) apportent leur contribution à l'étude de la capacité vitale chez les emphyémateux. « Au début, écrivent les derniers cités, à un stade où n'existe aucune dyspnée, les épreuves peuvent être normales au repos. On serait tenté, dit Knipping, de désigner le sujet comme apte au travail. Lambert constate dans ces cas une capacité vitale normale, mais une capacité respiratoire maxima et une capacité vitale répétée très diminuées. Plus tard la capacité vitale est fortement affaiblie, tant par réduction de l'air complémentaire, le sujet respirant en position d'inspiration relative, que par réduction de l'air de réserve, la perte de l'élasticité bronchique empêchant l'expiration. Malgré la distension apparente du thorax, la capacité totale n'est pas augmentée; ce qui est caractéristique, d'après Anthony, c'est l'augmentation de l'air alvéolaire. Du fait de cette diminution de la dynamique respiratoire et de l'augmentation considérable de l'air stagnant dans les poumons, le renouvellement de l'air alvéolaire est pauvre et la respiration, au repos, insuffisante, à l'effort, impossible. »

Parallèlement Malamos (254), Zaeper et Wolf (255), Landen (212) étudièrent les rapports de la capacité vitale et de l'asthme bronchique. Ce dernier ne se prête pas à l'exploration fonctionnelle en périodes de crises et, dans l'intervalle de ces dernières, les volumes respiratoires sont plus ou moins normaux. En tout cas, d'après ces auteurs, ils sont très variables d'un malade à l'autre et, chez un même sujet, d'un jour à l'autre.

Plus récemment encore, Chadourne (256), en 1946, et Rossier et Wiesinger (143), en 1948, montrèrent l'intérêt de l'exploration pulmonaire en pratique pneumologique. Les derniers auteurs cités écrivent notamment : « La mesure de la capacité vitale en pathologie respiratoire a la même signification que l'épreuve de Volhard en pathologie rénale : c'est une surcharge. »

Enfin, pour être complet, signalons l'action sur la capacité vitale des affections suivantes :

L'insuffisance respiratoire nasale d'après Joal, puis Scalori et Batier (257);

Les déformations thoraciques et les cyphoscolioses d'après Anthony (258);

Les obstacles abdominaux et la symphyse du diaphragme d'après Dussert (214);

Les adhérences des plèvres, d'après Liebermeister et Schoop (259);

L'hyperthyroïdisme : existence d'une inverse proportionnalité entre les variations du métabolisme de base et celles de la capacité vitale, d'après Rabinowitch (217) et Lemon et Moersch (207).

L'ensemble de ces études montrent que, en général, la capacité vitale est diminuée dans la plupart des affections pulmonaires, pleurales et cardiaques. Toutefois, cet affaiblissement ne semble pas proportionnel pour la majorité des auteurs à l'intensité du trouble, étant peu sensible au début et tardivement mesurable, et ne permet pas de faire le diagnostic d'un trouble particulier de la fonction respiratoire.

Fort de cet enseignement et de la connaissance des valeurs certainement pathologiques de la capacité vitale, nous avons évalué systématiquement cette dernière chez les malades qui nous furent adressés à La Bourboule. Nous avons considéré qu'il était logique, étant donné la marge d'erreur, assez grande de nos interprétations, de ne donner que le pourcentage correspondant des valeurs certainement pathologiques, douteuses ou probablement normales, des diverses affections qu'il nous fut permis de rencontrer.

Il nous fut possible de classer cliniquement nos sujets en asthmatiques, emphysémateux, bronchiteux et dilatés bronchiques. Nous avons comparé les chiffres obtenus de leur capacité vitale à ceux du tableau IV et nous avons ainsi pu étiqueter la signification de nos mesures. Le tableau V donne le pourcentage des valeurs probablement normales, douteuses et certainement pathologiques, telles que nous les avons définies, selon les affections correspon-

dantes cliniquement établies. Par examens variables, nous entendons ceux qui, au cours d'essais répétés, se sont montrés entre eux différents d'un pourcentage d'au moins 10 %.

TABLEAU V

Pourcentage des valeurs de la capacité vitale

		Patho- logiques	Dou- teuses	Nor- males	Vari- ables
ASTHME	♂ 74 sujets				
	113 examens.	21,2	15,0	63,8	26,6
	♀ 45 sujets.				
	82 examens.	23,5	21,5	55,0	44,6
TOTAL :					
	119 sujets.				
	195 examens.	22,5	17,7	59,8	33,9
EMPHYSÈME	11 sujets.				
	19 examens.	68,4	21,1	10,5	
BRONCHITE	37 sujets.				
	62 examens.	14,5	22,6	62,9	
DILATATION DES BRONCHES ...	8 sujets.				
	14 examens.	8 ex.	3 ex.	3 ex.	

Il est toutefois nécessaire d'approfondir quelque peu ce problème et l'étude clinique de ces malades.

1° Nous avons considéré comme asthmatiques tous les individus qui nous furent adressés comme tels par les médecins consultants de La Bourboule.

Or, sur 119 sujets ainsi étiquetés, 16, c'est-à-dire 13,4 %, n'avaient pas eu de crise depuis un an environ et pouvaient être considérés comme normaux. Effectivement, parmi eux un seul examen fut variable : celui d'un garçon de 13 ans dont la capacité vitale s'affaissa de 2,540 litres à 2,185 litres à la suite d'une rhinopharyngite sans manifestation dyspnéique, survenue entre les deux explorations. De plus, une femme de 51 ans, n'ayant pas eu de crise d'asthme depuis plus d'un an, mais présentant des bronchites fréquentes et une dyspnée d'effort nette consécutive à une sclérose pulmonaire probable, eut une capacité vitale de 1,890 litres puis de 2,110 litres, vingt jours après.

Tous les autres examens se montrèrent normaux.

Par ailleurs, 68 de nos asthmatiques, sujets à des crises, n'en avaient pas eu, lors de leur premier examen, depuis au moins

15 jours. Parmi eux, 63,3 % eurent une capacité vitale de valeur normale constante, les autres, c'est-à-dire 25 malades, présentèrent des chiffres pathologiques, douteux ou variables, selon les essais. Or, sur leur ensemble, nous avons relevé deux dilatés bronchiques, trois rachitiques, huit présentèrent entre leurs deux explorations des crises asthmatiformes; la plupart des autres, à leur arrivée à La Bourboule, étaient convalescents d'une crise relativement récente (quinze jours, un mois). Ainsi s'explique l'origine de la plupart des chiffres anormaux chez ces 25 sujets, en dehors de toute intervention du « terrain asthmatique ».

Les 35 derniers malades étaient des asthmatiques en état de crise au moment du premier examen ou ayant terminé leur accès quelques jours auparavant seulement. 45,6 % des mesures furent anormales, 22,9 % douteuses et 31,5 % normales. Nous avons noté que les « petites gênes respiratoires », les « crises dyspnéiformes du coucher ou de la nuit », bien connues des asthmatiques, ne retentissaient que très peu sur la capacité vitale. Le pourcentage des chiffres normaux relève de ces dernières seulement.

Par ailleurs, voici quelques observations, montrant qu'un sujet, en période de crise légère, peut avoir une capacité vitale, numériquement normale pour son âge et son sexe, mais en fait anormale pour sa constitution personnelle :

— Odile C., 14 ans (minimum valeur normale C.V. 2,000 l. Tab. IV).

Première exploration (état de crise dyspnéiforme plus ou moins continuelle) : C.V. 2,425 l.

Deuxième exploration (état normal) : C.V. 3,030 l. (19 % en plus).

— Colette L., 15 ans (minimum valeur normale C.V. 2,200 l. Tab. IV).

Première exploration (état de crise asthmatiforme les jours précédents) : C.V. 2,370 l.

Deuxième exploration (état normal) : C.V. 2,845 l. (16,6 % en plus).

— M. G., 28 ans (minimum valeur normale C.V. 3,700 l.).

Première exploration (état asthmatiforme les jours précédents) : C.V. 5,340 l.

Deuxième exploration (idem) : C.V. 5,420 l.

Il nous semble utile de retenir, d'autre part, quelques autres observations montrant les variations de la capacité vitale chez des asthmatiques entre une période de calme et une crise.

— M. P., 35 ans (état de mal asthmatique plus ou moins permanent).

Première exploration : C.V. 2,685 l.

Deuxième exploration (en période de crises permanentes assez légères) : C.V. 2,105 l.

Diminution : 21,7 %.

— Daniel P., 11 ans.

Première exploration (état de repos depuis un mois) : C.V. 2,310 l.

Deuxième exploration (en crise depuis 2 jours) : C.V. 1,220 l.

Diminution : 47,2 % à la suite de la crise.

— Georges C., 11 ans.

Première exploration (dernière crise terminée 10 jours avant, dyspnée persistante) : C.V. 0,965 l.

Deuxième exploration (20 jours après la première exploration, guérison) : C.V. 1,255 l.

Diminution : 23,1 % par la crise.

— M. B., 40 ans.

Première exploration (état de crise intriqué de bronchite) : C.V. 2,510 l.

Deuxième exploration (guérison, 20 jours après) : C.V. 3,190 l.

Diminution : 21,2 % par la crise.

— Gérard N., 14 ans.

Première exploration (petite crise, la veille) : C.V. 3,515 l.

Deuxième exploration (état de repos) : C.V. 3,815 l.

Diminution : 8 % par la crise.

— Michèle B., 14 ans.

Première exploration (forte crise, 10 jours avant) : C.V. 1,785 l.

Deuxième exploration (état de repos) : C.V. 1,995 l.

Diminution : 10,5 % lors de la première exploration.

— Colette R., 8 ans.

Première exploration (dernière crise, 3 mois avant) : C.V. 1,460 l.

Deuxième exploration (forte crise, 10 jours avant) : C.V. 1,165 l.

Diminution : 20,2 % consécutive à la crise.

— Ange-Marie M., 28 ans.

Première exploration (dernière crise, 3 semaines avant) : C.V. 2,825 l.

Deuxième exploration (légère crise, la veille) : C.V. 2,550 l.

Diminution : 9,7 % à la suite de la crise.

— Simone F., 12 ans.

Première exploration (dernière crise, 15 jours avant) : C.V. 1,300 l.

Deuxième exploration (10 jours plus tard) : C.V. 1,785 l.

Diminution : 27,1 % consécutive à la crise antérieure à la première exploration.

Les crises d'asthme provoquent donc une diminution de la capacité vitale, mais l'ordre de grandeur de cet affaissement et sa durée sont variables et ils ne sont pas toujours proportionnels à l'intensité du trouble subjectif.

Il est enfin intéressant d'opposer à ces résultats les variations provoquées, par un catarrhe sans manifestation asthmatique, sur les capacités vitales de ces malades. Voici quelques observations à ce sujet :

— Janine M., 11 ans.

Première exploration (dernière crise, 4 mois avant) : C.V. 1,970 l.

Deuxième exploration (au cours d'une rhinopharyngite et trachéite) : C.V. 1,505 l.

Diminution : 23,5 %.

— Marie-Rose S., 11 ans.

Première exploration (dernière crise, 4 mois avant) : C.V. 1,890 l.

Deuxième exploration (au cours d'un catarrhe bronchique) : C.V. 1,500 l.

Diminution : 20,6 %.

— Liliane H., 13 ans.

Première exploration (dernière crise, 3 mois avant, mais léger catarrhe bronchique actuel) : C.V. 2,510 l.

Deuxième exploration (8 jours après, guérison) : C.V. 3,060 l.

Diminution : 16 %, consécutive au catarrhe bronchique.

— François L., 12 ans.

Première exploration (dernière crise, 5 mois avant) : C.V. 1,775 l.

Deuxième exploration (coryza et léger catarrhe bronchique) : C.V. 1,630 l.

Diminution : 8,3 %.

Les affaissements de la capacité vitale chez les asthmatiques, au cours d'un catarrhe nasal ou bronchique, sans phénomène à forme de spasme caractérisé subjectivement, autant que faire se peut, quoique moins nets que lors d'une crise, sont toutefois très marqués. Ces sujets, instables, sont très sensibles à toute irritation de leurs voies respiratoires, la mesure de leur capacité vitale en fait foi.

2° Nous n'avons considéré, en tant que dilatés bronchiques, que ceux dont l'individualité du trouble a été précisé par examens radiologique et lipiodolique, éliminant d'une façon systématique les cas douteux.

3° Nous avons enfin classé, parmi les bronchiteux chroniques, trois sujets adénoïdiens ou rachitiques et quelques enfants atteints d'adénopathies trachéobronchiques. Par ailleurs, un adulte de 29 ans, ayant eu un abcès du poumon cinq mois auparavant, qui nécessita une pleurotomie, présentait une capacité vitale diminuée à 3,260 litres. Enfin les manifestations catarrhales chez ces sujets agissent fort peu sur leur capacité vitale. Voici par exemple trois observations :

— Monique D., 11 ans.

Première exploration (état normal) : C.V. 1,605 l.

Deuxième exploration (11 jours après, léger catarrhe bronchique) : C.V. 1,460 l.

Diminution : 9 %.

— M. R., 54 ans.

Première exploration (rhino-pharyngite et léger catarrhe bronchique) : C.V. 3,215 l.

Deuxième exploration (état normal, 19 jours après) : C.V. 3,605 l.

Diminution : 10,8 %, consécutive à la rhino-pharyngite.

— Bernadette B., 12 ans.

Première exploration (état normal) : C.V. 1,885 l.

Deuxième exploration (coryza, catarrhe bronchite) : C.V. 1,615 l.

Diminution : 13,7 %.

Ces chiffres sont à rapprocher et à opposer à ceux que nous avons signalés chez les asthmatiques. Chez ces derniers, les variations de la capacité vitale pour des troubles identiques sont nettement plus accusés.

Il nous est maintenant possible d'apprécier et de juger, à la lumière de l'ensemble de ces résultats, la valeur et la signification de la capacité vitale :

— Le premier intérêt de cette dernière est la facilité et la rapidité de sa détermination. La manœuvre nécessaire à sa mesure est parfaitement acceptée par les sujets, même par les enfants. La constance relativement remarquable des résultats obtenus dans l'examen répété chez un même individu, dans des conditions physiologiques et expérimentales identiques, donne à sa valeur une réelle signification.

— Elle varie selon la constitution générale des sujets et leurs conditions d'existence et d'entraînement, en particulier. Ce fait est en soi logique et ne peut donner prétexte à la moindre critique théorique, bien au contraire. Pratiquement il provoque, certes, une difficulté d'interprétation et limite dans une certaine mesure le champ des applications cliniques du test de la capacité vitale. Celui-ci ne peut prétendre à déterminer à lui seul les petites insuffisances de la ventilation pulmonaire. Remarquons toutefois que, le plus souvent, et probablement même toujours, le moindre trouble à type spasmodique ou catarrhal au niveau des voies aériennes s'accompagne d'une diminution plus ou moins nette, mais incontestable, de la capacité vitale. Nous avons relevé et noté cette sensibilité chez les sujets malades et même chez les individus sains que nous avons suivis et qui ont présenté en cours d'étude des rhinopharyngites ou de légères bronchites. Sa mesure systématique dans le temps, chez un sujet donné, a donc une valeur très importante. Une diminution, en principe celle supérieure à 10 % étant seule à retenir, correspond à un trouble fonctionnel respiratoire surajouté.

— L'étude chez les malades nous a semblé ne pouvoir être conduite autrement que selon les principes que nous avons longuement décrits plus haut. Le premier travail, certes ardu et plein d'embûches, de tout expérimentateur doit être, à nos yeux, de déterminer la zone des valeurs certainement pathologiques de la capacité vitale. Nous avons montré les résultats que nous avons ainsi obtenus et qui nous permettent d'affirmer l'intérêt indéniable de ce test, lorsque l'on ne veut pas en obtenir plus d'enseignements qu'il ne peut en donner.

— Chez les asthmatiques en période de crise, la diminution dans des proportions considérables de la capacité vitale est la règle, l'étude systématique que nous avons effectuée en fait foi. Toutefois il nous a semblé que les petits états dyspnéiques passagers, les légères crises nocturnes, bien connus des asthmatiques, ne laissent que très peu de traces parfois, dans leurs suites immédiates, sur la capacité vitale. En tout cas, en périodes de repos, ce fait était d'ailleurs acquis, le terrain asthmatique ne retentit aucunement sur la valeur physiologique de cette dernière.

Dans l'ensemble général de nos expériences, la mesure de la capacité vitale nous a permis en tout cas, de faire un triage et de cataloguer toute une série importante d'individus certainement anormaux parmi les asthmatiques, les bronchiteux, les dilatés bronchiques et surtout les emphysémateux. Ces résultats, quoique incomplets, ont justifié largement le choix de cette épreuve en tant que premier test d'insuffisance de la ventilation pulmonaire.

— Nous reviendrons brièvement, plus loin, avec l'étude de la capacité pulmonaire utilisable à l'effort, sur la signification physiologique de la capacité vitale et sur l'interprétation que l'on peut donner des variations pathologiques de ses mesures.

III. — La capacité vitale théorique et ses mesures.

De l'étude précédente ressort, en particulier, l'importance des variations physiologiques de la capacité vitale. Aussi certains auteurs essayèrent-ils de les éliminer, le plus possible, de leurs mesures, en essayant de déterminer la constance du rapport existant entre la valeur de la capacité vitale normale et celle d'un ou plusieurs facteurs personnels, parmi ceux que nous venons de décrire.

Hutchinson (113) compara le premier la capacité vitale à la taille et établit le rapport entre leur mesure respective. Nous avons signalé que ses diagrammes montraient une correspondance linéaire entre leur valeur et permettaient d'obtenir, par la seule connaissance de la taille d'un sujet, le volume théorique de sa capacité vitale. La mesure spirométrique de cette dernière, par comparaison, donne une appréciation facile de sa valeur fonctionnelle, selon l'auteur.

Vierordt (114) chez les adultes, Wintrich chez les enfants, poursuivirent les travaux d'Hutchinson dans ce sens. Par la suite, les rapports suivants furent établis entre la taille et la capacité vitale :

West, en 1920 (215) : C.V. en cm^3 = T en cm. $\times$ 25.

Myers, Le Roy et Maeder (260) :

$$\text{C.V. en cm}^3 = \text{T en cm.} \times 63 - 6.655.$$

Hewlett et Jackson (261) : C.V. en cm^3 = T en cm. $\times$ 50 — 4.400.

Piolti, en 1930 (208) : C.V. en cm^3 = T en cm. $\times$ 47,66 — 4.146.

A la suite de Demeny, certains auteurs rapportèrent la capacité vitale au poids du corps :

Dupont, en 1902 (262) établit le coefficient pondéral : $\frac{\text{C.V.}}{\text{P}}$ (C.V. en cm^3 , P. en kg.). Chez le sujet sain, il montra que sa valeur était constante et égale à 50. Ce rapport fut étudié et cité par Achard et

Binet (160), Laniez (166), Guillon (206) et Laurentin (171). D'autres chercheurs appliquèrent des formules comparables :

Amar, en 1919 (263), cité par Chabrol (163) : $\frac{C.V.}{P}$ (C.V. en centilitres, P en kg.) appelé « indice d'endurance respiratoire », par son auteur, normalement égal à 6.

Dreyer, en 1919 (264) cité par Meakins et Davies (loc. 265. p. 345) : $\frac{W^n}{V.C.} = K_1$ (W est le poids du corps en grammes, V.C. la capacité vitale en cm³, n un nombre égal à 0,72 et K₁, une constante). Cette équation, et les autres, proposées par Dreyer furent étudiées et commentées par Schuster, puis par Cripps, Greenwood et Newbold, enfin Dublin (1).

Myers, en 1923 (241) : C.V. en cm³ = P en kg. × 17,6 + 900, chez la femme; C.V. = P × 21,2 + 1.168, chez l'homme.

Lemon et Moersch, en 1924 (207) : C.V. en cm³ = P en kg. × 66. Piolti (208) : C.V. en cm³ = P en kg. × 22 + 2.410.

Par ailleurs, Spehl combina les actions du poids et de la taille sur la capacité vitale et étudia le rapport $\frac{C.V. \times P}{T}$ (C.V. en cm³, P. en kg. et T en cm.) (266), auquel il donna le nom de « quotient vital ». Ce dernier augmente avec l'âge de 6 à 30 ans, puis diminue ensuite. Il fut l'objet d'études ou de commentaires de la part de Cordier, Delore et Hassler (267), Achard et Binet (160), Laniez (166), Tulou (173), Lesage (219) et Arnaud, Tulou et Méricot (147). Ceux-ci le considèrent comme étant pratique et utile par la comparaison qu'il donne entre la valeur de la capacité vitale effective et celle de la capacité vitale théorique qu'il exprime.

West (215) étudia l'équation :

$$V.C. \text{ en cm}^3 = 27 \times P \text{ en kg.} + 31,4 T \text{ en cm.} - 3.000.$$

Lambolez, enfin (268), calcula le rapport $\frac{C.V. \times P. \times 100}{T \times 3}$ en exprimant les facteurs avec les mêmes unités.

En 1919, Dreyer (264) en rapprochant sa formule, que nous avons citée : $\frac{W^n}{C.V.} = K_1$, de l'équation $\frac{W^n}{S} = K_2$ où S est la surface corporelle, avait déjà conclu que « la capacité vitale est une fonction simple de la surface corporelle ». West, en 1920, reprit cette constatation et calcula systématiquement la valeur du rapport C.V./S. (C.V. exprimée en litres et S en mètres carrés). S étant mesuré par la table de Du Bois. Il montra qu'il était égal

(1) Nous renvoyons le lecteur à l'ouvrage cité de MEAKINS et DAVIES.

à 2,5 chez l'homme jeune et normal et à 2 chez la femme. Cette formule fut l'objet de discussions de la part de Christie et Beams (216), Achard et Binet (160), Caussade, Guillaume et Evrard (269), qui l'évaluèrent à 2,61 chez l'homme et à 2,07 chez la femme, et Reynier (203).

Dans le même ordre d'idée, Hewlett et Jackson (261), déduisirent de leurs mesures la formule empirique : C.V. en $\text{cm}^3 = S$ en $\text{m}^2 \times 2.900 - 1.000$ et Pionini (208) l'équation C.V. en $\text{cm}^3 = S$ en $\text{m}^2 \times 2.660 - 787$.

De nombreux auteurs essayèrent de rapporter la valeur de la capacité vitale à la mesure du périmètre ou du volume thoracique :

Billard, en 1918 (270), établit « l'indice de la puissance pulmonaire » $I = \frac{V.T.}{C.V.}$ dans lequel V.T. exprime le volume thoracique

calculé par la formule $V.T. = \frac{C^2}{4\pi} \times H$ (C est le tour de poitrine

au niveau du mamelon en cm, H la demi-hauteur du buste du sujet assis mesurée du siège à la septième cervicale). I chez un sujet de 20 ans varie de 3,5 à 4, croît avec l'âge, atteignant le chiffre de 7 à 50 ans. Il fut étudié par Achard et Binet (160) et Laniez (166), celui-ci conclut à son sujet : « Il indique mal l'état du fonctionnement pulmonaire, dans bien des cas pathologiques il s'écarte peu de la normale. »

Dreyer (264), à la même époque, mit au point, parmi d'autres rapports analogues, l'équation $\frac{Ch^n}{V.C.} = K$ dans laquelle Ch est le périmètre thoracique en cm., n un nombre voisin de 2 et K une constante.

Plus récemment Fabre et Escalle étudièrent la formule :

$$C.V. = \frac{Pti^2 \left(H + \frac{Ab}{4} \right) - Pte^2 \left(H - \frac{Ab}{4} \right)}{13}$$

Pti = périmètre thoracique xiphoïdien en inspiration forcée en centimètres.

Pte = périmètre thoracique xiphoïdien en expiration forcée en centimètres.

H = hauteur du sternum, de la fourchette à la base de l'appendice xiphoïdien.

Ab = ampliacion abdominale, c'est-à-dire la différence entre le périmètre abdominal maximum en inspiration forcée et le périmètre abdominal minimum en expiration forcée.

Guillon, élève de Fabre, après avoir cité et commenté cette dernière formule (206), en établit une plus simple :

$$\text{C.V. en litres} = \text{T en mètre} + \frac{\text{P en kg.}}{100} + \text{S (en m}^2\text{)}$$

qui a une valeur de 4,250 en moyenne chez l'homme. Il établit empiriquement les coefficients correspondants pour la femme (85 %), les enfants, filles et garçons. Loustau (221) participa également à l'étude de cette dernière équation.

Enfin, Anthony (272), pour calculer la valeur de la capacité vitale théorique, multiplie le métabolisme basal par 2,3, citations de Arnaud, Tulou et Mérigot (147), Tulou (173), et Lesage (219); Hurtado et Fray (274) utilisent la formule : Volume pulmonaire radiologique $\times 0,24 + 1,22 = \text{C.V. en litres}$.

Que conclure de l'ensemble de ces travaux ? Protitch affirme en conclusion de sa thèse (201) : « La comparaison de la capacité pulmonaire apparente mesurée d'un sujet avec la valeur calculée d'après d'autres données anthropométriques paraît n'avoir aucune signification et ne permettre aucune déduction pratique. La valeur absolue ou relative de la capacité vitale ne paraît pas pouvoir être considérée comme un critère utilisable pour l'évaluation de la valeur physique d'un individu. » Arnaud, Tulou et Mérigot (loc. 147, p. 101) écrivent : « En fait, il ne peut s'agir là que d'approximations grossières. L'approximation clinique, qui rapproche la capacité vitale de la taille et de la morphologie naturelle, nous paraît suffisante, sans calculs basés sur une généralisation statistique et peut-être trop théorique, dans chaque cas particulier. »

Au contraire, faut-il s'en tenir aux conclusions favorables de Binet (273), de Guillon, ou de l'ensemble des auteurs ayant participé à la mise au point des coefficients que nous venons de décrire ? Tel est le problème que nous avons abordé après l'étude de la capacité vitale brute.

Le calcul de la surface corporelle (S.C.) est facile, grâce à la table de Du Bois, et rapide, par suite des mesures simples qu'il nécessite. Sa valeur donne une indication générale sur la constitution physique d'un sujet, puisqu'elle dépend de son poids et de sa taille, qui sont parmi les facteurs prédominants des variations de la capacité vitale. Son étude s'adaptait par conséquent aux règles que nous nous étions fixées à notre travail. Nous nous en sommes donc tenus à sa mesure et au calcul du rapport $\frac{\text{C.V.}}{\text{S.C.}}$.

tel que l'a défini West, pour essayer d'apporter notre contribution à ce problème, surtout dans le domaine infantile.

Voici les résultats que nous avons obtenus :

1° Le tableau VI donne les chiffres normaux du rapport $\frac{C.V.}{S.C.}$ selon les âges et les sexes avec les mesures minima et maxima correspondantes :

TABLEAU VI

♂	Minimum	Moyenne	Maximum*	♀	Minimum	Moyenne	Maximum
6 ans	»	1,60	»	.....	»	»	»
7 ans	1,80	1,88	2,05	.....	»	»	»
8 ans	»	1,75	»	.....	1,57	1,63	1,69
9 ans	1,69	1,94	2,13	.....	1,41	1,58	1,81
10 ans	1,73	1,99	2,42	.....	1,55	1,59	1,63
11 ans	1,78	1,92	2,15	.....	1,46	1,68	1,82
12 ans	1,80	2,01	2,51	.....	1,63	1,82	2,15
13 ans	1,83	2,05	2,20	.....	1,57	1,89	2,24
14 ans	1,88	2,32	2,64	.....	1,61	1,80	2,14
15 ans	1,94	2,24	2,41	.....	1,70	1,91	2,23
16-18 ans	2,18	2,51	2,95	.....	1,75	1,86	1,97
18-20 ans	2,31	2,39	2,55	.....	»	»	»
20-25 ans	2,48	2,75	3,12	.....	2,00	2,10	2,24
25-35 ans	2,63	2,78	3,20	.....	1,83	1,85	1,87
	85 sujets				48 sujets		

La constitution de ce tableau a été effectuée selon les mêmes directives que celles qui ont présidé à la construction du Tableau III.

2° Le tableau VII fixe, avec les mêmes restrictions d'interprétation que le tableau IV sur la capacité vitale, les valeurs certainement pathologiques, douteuses et probablement normales de ce rapport.

TABLEAU VII

AGE	Valeurs certainement pathologiques	en cm ³	Valeurs douteuses	en cm ³	Valeurs probablement normales	Valeurs certainement pathologiques	en cm ³	Valeurs douteuses	en cm ³	Valeurs probablement normales
7 ans.	<	1,35	< <	1,50	<	<	»	< <	»	<
8 —	—	1,44	— —	1,60	—	—	1,215	— —	1,35	—
9 —	—	1,485	— —	1,65	—	—	1,26	— —	1,40	—
10 —	—	1,53	— —	1,70	—	—	1,305	— —	1,45	—
11 —	—	1,575	— —	1,75	—	—	1,305	— —	1,45	—
12 —	—	1,62	— —	1,80	—	—	1,5	— —	1,50	—
13 —	—	1,665	— —	1,85	—	—	1,395	— —	1,55	—
14 —	—	1,71	— —	1,90	—	—	1,44	— —	1,60	—
15 —	—	1,80	— —	2,00	—	—	1,485	— —	1,65	—
16-18	—	1,845	— —	2,05	—	—	1,53	— —	1,70	—
18-20	—	1,89	— —	2,10	—	—	»	— —	»	—
20-25	—	1,935	— —	2,15	—	—	1,62	— —	1,80	—
25-35	—	1,98	— —	2,20	—	—	1,62	— —	1,80	—
♂						♂				

La construction et la signification de ce tableau sont comparativement identiques à celles du tableau IV.

3° Le tableau VIII établit les valeurs minima, moyennes et maxima de la capacité vitale d'une part, du rapport $\frac{\text{C.V.}}{\text{S.C.}}$ d'autre part, chez les garçons et filles asthmatiques; le tableau IX donne les chiffres correspondants chez les sujets bronchiteux chroniques.

TABLEAU VIII

♀	CAPACITÉ VITALE EN CM ³			RAPPORT C.V. S.C.		
	Minimum	Moyenne	Maximum	Minimum	Moyenne	Maximum
8 ans	1.165	1.270	1.460	1,19	1,38	1,69
9 ans	1.135	1.480	1.995	1,16	1,44	1,81
10 ans	1.165	1.170	1.175	1,33	1,335	1,34
11 ans	1.075	1.545	2.040	1,04	1,42	1,80
12 ans	1.300	1.890	2.380	1,20	1,75	2,15
13 ans	1.980	2.515	3.060	1,43	1,74	2,23
14 ans	1.545	1.990	3.030	1,17	1,72	2,14
15 ans	2.370	2.800	3.090	1,50	1,91	2,23
♂	Minimum	Moyenne	Maximum	Minimum	Moyenne	Maximum
9 ans	805	1.520	2.045	0,99	1,55	2,00
10 ans	1.185	1.965	2.420	1,47	1,93	2,42
11 ans	965	1.910	2.480	0,82	1,67	2,15
12 ans	1.410	2.305	3.065	0,93	1,96	2,51
13 ans	2.130	2.440	2.810	1,83	2,05	2,20
14 ans	1.425	2.585	3.815	1,15	1,92	2,64
15 ans	1.960	2.940	3.570	1,44	2,08	2,41
16-18 ans	1.155	2.725	4.780	0,96	1,56	2,02
18-20 ans	3.725	3.890	4.055	2,35	2,45	2,55
20-25 ans	4.570	5.255	5.880	2,83	2,97	3,12
25-35 ans	2.510	2.910	3.735	1,36	2,20	2,68

Résultats obtenus chez 95 sujets dans 178 examens se rapportant à des asthmatiques pendant ou en dehors des crises.

TABLEAU IX

♀	CAPACITÉ VITALE EN CM ³			RAPPORT C.V./S.C.		
	Minimum	Moyenne	Maximum	Minimum	Moyenne	Maximum
10 ans	1.430	1.465	1.500	1,55	1,59	1,63
11 ans	925	1.265	1.605	0,88	1,24	1,60
12 ans	1.615	1.755	1.885	1,58	1,71	1,84
13 ans	1.775	2.285	2.815	1,47	1,71	1,96
14 ans	2.245	2.390	2.655	1,58	1,71	1,85
15 ans	2.260	2.365	2.475	1,58	1,65	1,73
16-18 ans	»	3.155	»	»	1,97	»
18-20 ans	2.425	2.440	2.660	1,67	1,68	1,69
20-25 ans	2.780	2.790	2.805	1,85	1,86	1,87

♂	Minimum	Moyenne	Maximum	Minimum	Moyenne	Maximum
8 ans	1.280	1.340	1.405	1,40	1,47	1,54
9 ans	1.690	1.690	1.690	1,59	1,64	1,69
10 ans	1.785	2.200	2.515	1,70	2,01	2,35
11 ans	1.845	2.015	2.280	1,65	1,81	1,91
12 ans	1.760	2.120	2.360	1,66	1,79	1,96
13 ans	2.130	2.280	2.430	1,61	1,83	2,05
14 ans	»	2.575	»	»	1,89	»

Résultats obtenus chez 30 sujets, dans 49 examens, se rapportant à des bronchiteux chroniques.

4° Le tableau X, que nous avons réalisé sur le modèle du tableau V, fixe le pourcentage des valeurs probablement normales, douteuses et certainement pathologiques du rapport $\frac{\text{C.V.}}{\text{S.C.}}$ chez les asthmatiques, bronchiteux chroniques, emphysémateux et dilatés bronchiques, que nous avons examinés à La Bourboule.

TABLEAU X
Pourcentage des valeurs du Rapport $\frac{C.V.}{S.C.}$

		Valeurs en % certainement pathologiques	Valeurs douteuses en %	Valeurs en % probablement normales	Valeurs variables dans le cas, de mesures répétées, en %
ASTHME	♂ 70 sujets. 108 examens.	17,7	11,3	71	27,7
	♀ 43 sujets. 79 examens.	20,3	20,2	59,5	44,4
	TOTAL :				
	113 sujets. 187 examens.	18,8	14,9	66,3	36,1
EMPHYSÈME	9 sujets. 16 examens.	14 ex.	»	2 ex.	26,5
BRONCHITE	37 sujets. 62 examens.	12,9	25,8	61,3	pour l'en- semble
DILATATION DES BRONCHES ...	8 sujets. 14 examens.	8 ex.	3 ex.	3 ex.	

De l'ensemble de ces mesures ressortent les conclusions suivantes :

A) Le rapport $\frac{C.V.}{S.C.}$ est variable avec le sexe et l'âge. Il est plus

fort chez les garçons que chez les filles, chez l'homme que chez la femme. Il augmente avec l'âge, passant par un maximum de 2,75 environ vers 25 ans chez l'homme, de 2,10 en moyenne entre 20 et 25 ans chez la femme. Plus tard, il diminue. Ceci est conforme aux résultats déjà obtenus par West, puis par Caussade, Guillaume et Evrard.

B) La marge existant entre ses valeurs extrêmes chez les sujets sains est importante et il est difficile, comme pour la capacité vitale, de fixer la limite entre ses chiffres normaux et pathologiques. Il est donc nécessaire de présenter les résultats sous la même forme que celle utilisée lors de l'étude de la capacité vitale (tableau VII).

C) L'étude du rapport $\frac{C.V.}{S.C.}$, chez les sujets normaux, n'amène aucune amélioration notable vis-à-vis de celle de la capacité vitale. Toutefois, il est intéressant de noter que ses amplitudes de varia-

tion sont moins grandes avec l'âge puisque, par exemple, chez l'homme, les valeurs correspondantes à 10 ans et à 25 ans sont de 1,95 et 2,75 en moyenne pour le rapport $\frac{C.V.}{S.C.}$ et de 2.100 cm³ et 4.500 cm³ pour la capacité vitale.

D) Les valeurs moyennes du rapport $\frac{C.V.}{S.C.}$, comme celles de la capacité vitale, sont nettement diminuées chez les asthmatiques et les bronchiteux (10 à 20 %) vis-à-vis des valeurs normales moyennes. Cette diminution est encore beaucoup plus nette si l'on ne considère que les chiffres relatifs à des sujets en état de crise ou en période aiguë catarrhale. Remarquons toutefois que leurs valeurs moyennes dans l'ensemble des cas pathologiques sont généralement nettement plus élevées que la limite inférieure de leurs valeurs normales. Ces deux épreuves ne peuvent servir de tests pour mettre en évidence l'existence d'un terrain asthmatique ou bronchiteux, n'étant modifiées la plupart du temps que dans les périodes aiguës correspondantes.

E) Le rapport $\frac{C.V.}{S.C.}$, qui sur 300 examens montra seulement 5 épreuves pathologiques correspondant à des capacités vitales normales, n'amène en fait aucune indication nouvelle importante, après l'étude de la capacité vitale dans l'évaluation de la fonction respiratoire. L'étude systématique du rapport $\frac{C.V.}{S.C.}$ n'est donc pas indispensable comme test d'exploration de la ventilation pulmonaire.

Nous ne prétendons pas étendre, faute de preuves, ces conclusions aux autres coefficients que nous avons cités. Toutefois, il nous semble bien, comme à Arnaud, Tulou et Mérigot, que l'on doive s'en tenir au simple rapprochement, nécessaire sans doute, mais approximatif, entre la capacité vitale, l'âge, le poids, la taille, la morphologie générale et les conditions d'existence des sujets, sans effectuer de calculs basés sur une généralisation statistique.

IV. — *Etude succincte des airs courant, complémentaire et de réserve.*

L'étude des volumes constituant la capacité vitale fut l'objet de recherches pratiquement assez peu nombreuses. En effet, les auteurs se sont aperçus des considérables variations de leurs valeurs, d'un sujet normal à l'autre. Les commentaires sont généralement peu encourageants.

Laurentin estime (171) que l'étude des airs respiratoires et en particulier de l'air courant donne peu de renseignements. Tulou,

dans sa thèse, écrit que les mesures des capacités pulmonaires sont des tests pratiquement inutilisables dans la recherche de l'insuffisance respiratoire au repos.

Classiquement, depuis Hutchinson (113), on considérait les volumes des airs complémentaire, courant et de réserve comme étant égaux à 1,500 l., 0,500 l., et 1,500 l., respectivement chez les adultes normaux. Arnaud, Tulou et Méricot (147) reprirent ces chiffres et la plupart des auteurs considérèrent les valeurs des airs complémentaire et de réserve comme équivalentes chez les sujets sains. Or, cette opinion classique est à modifier.

Panum (153) et Bohr (121) évaluèrent l'air complémentaire à 2,5 l. chez l'homme, 2 l. chez la femme et l'air de réserve à 2 l. chez l'homme et 1,5 l. chez la femme. Guichard (218) estima à 2 l. l'air complémentaire et à 1 l. l'air de réserve. Il conclut : « L'air complémentaire et l'air de réserve ont des valeurs extrêmement différentes. L'air complémentaire vaut parfois, chez les sujets normaux 2,3, voire 3,5 litres : l'air courant, chez ces mêmes individus, peut atteindre 1 litre. L'air de réserve est presque toujours, et de beaucoup, inférieur à l'air complémentaire. »

Lignac (172) montra également que l'air de réserve était plus faible que l'air complémentaire.

Nous avons effectué une étude systématique des différents volumes respiratoires constituant la capacité vitale; nos essais furent assez décevants et leurs interprétations délicates.

Nous pouvons donner (tableau XI), avec une approximation grossière, les zones de variations normales des airs complémentaire, courant et de réserve, de manière à établir un ordre de grandeur de leurs valeurs.

TABEAU XI

1° Valeurs de l'air complémentaire en cm³

	♂			♀		
	Minimum	Moyenne	Maximum	Minimum	Moyenne	Maximum
6-8 ans	400	750	1.000	350	650	900
8-10 ans	600	1.000	1.500	450	800	1.150
10-12 ans	700	1.200	1.850	600	950	1.300
12-14 ans	900	1.450	2.250	800	1.250	1.750
14-16 ans	1.200	1.750	2.700	1.000	1.500	2.100
Adultes	1.500	2.250	3.500	1.250	1.750	2.500

2° Valeurs de l'air courant en cm³

	♂			♀		
	Minimum	Moyenne	Maximum	Minimum	Moyenne	Maximum
6-12 ans	250	400	600	225	350	500
12-16 ans	350	500	750	300	450	650
Adultes	450	650	1.000	400	550	750

3° Valeurs de l'air de réserve en cm³

	♂			♀		
	Minimum	Moyenne	Maximum	Minimum	Moyenne	Maximum
6-8 ans	250	400	650	200	300	550
8-10 ans	300	500	800	250	375	650
10-12 ans	400	650	1.000	350	450	750
12-14 ans	550	750	1.250	450	600	1.100
14-16 ans	650	900	1.500	525	750	1.200
Adultes	750	1.250	2.000	600	900	1.250

Une étude de ce tableau montre les faits suivants :

a) Tout d'abord la grande variabilité des résultats, plus vaste même que celle que nous avons signalée lors de l'étude de la capacité vitale. Cela tient à ce que les différents volumes respiratoires sont en rapport avec l'importance de cette dernière et suivent ses variations, mais aussi à ce qu'un sujet peut faire varier dans d'assez grandes proportions, en dehors de tout phénomène pathologique caractérisé semble-t-il, la situation de son air courant dans le libre espace de sa capacité pulmonaire, provoquant ainsi un déplacement symétrique des valeurs respectives de son air complémentaire et de son air de réserve ⁽¹⁾. Voici quelques exemples illustrant ce phénomène :

— Marie José C., 11 ans, enfant normale.

	PREMIÈRE EXPLORATION	DEUXIÈME EXPLORATION
Air complémentaire	1.030 cm ³	1.155 cm ³
Air courant	430 —	430 —
Air de réserve	640 —	460 —
Capacité vitale	2.100 —	2.045 —

(1) LANDEN et ALLERODER. *Beiträge z. Kl. Tub.*, 96, 1941, p. 108, montrèrent que l'air de réserve était très abaissé chez les sujets non entraînés.

— Raymonde D., 13 ans, enfant normale.

	PREMIÈRE EXPLORATION	DEUXIÈME EXPLORATION
Air complémentaire	1.195 $\frac{\text{cm}^3}{\text{m}^3}$	1.050 $\frac{\text{cm}^3}{\text{m}^3}$
Air courant	440 —	495 —
Air de réserve	460 —	630 —
Capacité vitale	2.095 —	2.175 —

— M. R., 23 ans, sujet normal.

	PREMIÈRE EXPLORATION	DEUXIÈME EXPLORATION
Air complémentaire	2.720 $\frac{\text{cm}^3}{\text{m}^3}$	3.010 $\frac{\text{cm}^3}{\text{m}^3}$
Air courant	830 —	700 —
Air de réserve	1.220 —	945 —
Capacité vitale	4.770 —	4.655 —

b) L'air complémentaire, dans l'immense majorité des cas, est de 1.5 à 2 fois plus élevé que l'air de réserve. Ce fait semble acquis définitivement et mérite d'être souligné.

Chez les malades l'étude des volumes respiratoires n'apporte que peu de renseignements nouveaux, après celle de la capacité vitale.

Les variations de l'air courant, hors de ses limites normales, sont très peu fréquentes. Sur 300 examens environ de sujets pathologiques, nous relevons seulement le cas d'un garçon de 9 ans, ayant un air courant faible de 0,210 litre. Il s'agissait d'un enfant, en état de mal asthmatique, présentant une dyspnée sensible même au repos et une capacité vitale de 0,910 litre.

Remarquons que parfois, chez les emphysémateux, dont la mécanique respiratoire est profondément troublée, l'air courant est amplifié. Voici deux exemples à ce sujet :

— M. E., 59 ans, emphysémateux.

	PREMIÈRE EXPLORATION	DEUXIÈME EXPLORATION
Air courant	1.550 $\frac{\text{cm}^3}{\text{m}^3}$	1.260 $\frac{\text{cm}^3}{\text{m}^3}$
Capacité vitale	3.700 —	3.945 —

— M. B., 48 ans, bronchiteux et emphysémateux.

	PREMIÈRE EXPLORATION	DEUXIÈME EXPLORATION
Air courant	1.470 $\frac{\text{cm}^3}{\text{m}^3}$	860 $\frac{\text{cm}^3}{\text{m}^3}$
Capacité vitale	3.570 —	3.485 —

Il s'agit de cas particuliers dans notre statistique et nous ne pouvons en tirer de conclusion générale.

L'étude des airs complémentaire et de réserve nous a permis d'établir le tableau XII.

TABLEAU XII

Pourcentage des valeurs anormales de l'air courant et de l'air de réserve dans les diverses affections étudiées.

	Asthme —	Bronchite chronique —	Emphysème —	Dilatation des bronches —
Air complémentaire .	18 %	11,6 %	57,9 %	50,0 %
Air de réserve	26,5 %	26,6 %	78,9 %	64,3 %

Nous pouvons ainsi commenter rapidement nos résultats :

1° Parmi 45 examens correspondant à des sujets sains, les airs complémentaires furent tous normaux, mais 4 airs de réserve présentèrent une diminution nette :

- M. L., 39 ans, pleurésie à 20 ans, sans séquelle subjective, aucun renseignement clinique ou radiologique ne fut porté à notre connaissance. Pour une capacité vitale de 3,605 l., son air complémentaire était de 2,385 l. et son air de réserve de 0,590 l.
- M. L., 20 ans, sujet normal, catarrhe bronchique, au cours de la -deuxième exploration :

	PREMIÈRE EXPLORATION —	DEUXIÈME EXPLORATION —
Air complémentaire	2,350 l.	2,480 l.
Air courant	0,545 l.	0,715 l.
Air de réserve	0,860 l.	0,315 l.
Capacité vitale	3,755 l.	3,610 l.

Les deux autres sujets étaient des femmes de 25 et 39 ans, obèses, ayant un rapport $\frac{C.V.}{S.C.}$ affaibli à 1,57 et 1,43.

Tous les cas d'amoindrissement de l'air de réserve, en dehors d'affections pulmonaires affirmées, relèvent donc de troubles déterminés. Parfois, une simple rhinopharyngite avec catarrhe bronchique peut provoquer chez un sujet sain, comme unique manifestation fonctionnelle, une diminution de l'air de réserve avec augmentation du rapport Air complémentaire/Air de réserve.

2° Parmi les explorations de nos malades ayant des capacités vitales normales 1,4 % des rapports $\frac{C.V.}{S.C.}$ se montrèrent pathologiques et 6 % douteux, alors que l'examen des airs complémentaire et de réserve indiquait un trouble de la ventilation pulmonaire dans 7,6 % des cas. Cette étude n'apporta donc qu'un enseignement très limité et sujet à discussion.

3° Le tableau XII n'a que peu d'intérêt dans notre évaluation des petites insuffisances respiratoires. Il indique toutefois que chez nos malades le trouble de la ventilation pulmonaire atteint surtout l'air de réserve. Il semble donc que l'étude de l'air de réserve ait un intérêt réel en tant que complément à celle de la capacité vitale, pour donner une indication sur le mécanisme du trouble fonctionnel, puisque l'expiration maxima, comme le fait remarquer par exemple Laniez (166), « dépend de l'élasticité pulmonaire ».

Voici à ce propos deux observations intéressantes :

- Mme D., 60 ans, emphysème pulmonaire ancien, accompagné de bronchites fréquentes. Sclérose pulmonaire très marquée. Dyspnée continue. Compensation cardiaque. Rigidité thoracique.

Air complémentaire	0,135 l.
Air courant	0,420 l.
Air de réserve	0,565 l.
Capacité vitale	1,060 l.

- M. S., 60 ans. Sclérose pulmonaire marquée avec légère décompensation cardiaque. Emphysème pulmonaire avec rigidité thoracique. Dyspnée continue.

	PREMIÈRE EXPLORATION	DEUXIÈME EXPLORATION
Air complémentaire	0,440 l.	0,820 l.
Air courant	0,725 l.	0,410 l.
Air de réserve	1,365 l.	0,570 l.
Capacité vitale	2,530 l.	1,800 l.

Chez les emphysémateux et scléreux pulmonaires, avec trouble fonctionnel ventilatoire intense, l'air de réserve est parfois fortement augmenté par rapport à l'air complémentaire. Dans l'observation de Mr. S., la deuxième exploration montre, par rapport à la première, une accentuation du trouble expiratoire et de l'insuffisance de l'élasticité bronchique.

Certains auteurs mirent au point des rapports faisant entrer comme facteurs les différents volumes pulmonaires. Nous avons déjà signalé le coefficient de ventilation de Gréhan (117), le coefficient d'utilisation des possibilités anatomiques de Goiffon (170) et les « Relative lung volumes » de Lundsgaard et Schierbech (157).

Strohl, en 1919 (275), traduisait le plus ou moins grand degré de perfection avec lequel un sujet utilise sa capacité vitale en calculant le rapport Air respiratoire/ Capacité vitale (air respiratoire = air courant). Cet « indice d'utilisation respiratoire effective » fut étudié ou cité par Laniez (166), qui le modifia en rapportant l'air courant à la capacité vitale théorique normale calculée avec le poids du corps, puis par Achard et Binet (160 et 273), Simon (205), Célice (251), Laurentin (171), Tulou (173), et

Lesage (219). Laurentin l'évalua de 0,12 à 0,14 chez les sujets normaux et le montra constamment élevé chez les insuffisants respiratoires par sclérose pulmonaire provoquant une imperméabilité alvéolaire.

Mathieu et Etienne, en 1925 (276), après avoir noté que « la spirométrie volumétrique renseignait, non sur la capacité vitale pulmonaire réelle, mais sur la ventilation apparente, montrèrent l'intérêt de l'étude de la position de l'air courant par rapport à l'air complémentaire et à l'air de réserve ». Ils mirent au point les « indices de ventilation pulmonaire » :

$$\begin{aligned} \text{— Coefficient de la ventilation apparente : } & \frac{\text{Air courant}}{\text{Air de réserve}} \\ \text{— Rapport des marges de ventilation : } & \frac{\text{Air complémentaire}}{\text{Air de réserve}} \end{aligned}$$

Ces rapports furent cités ou étudiés par Binet (273), Simon (205), Laurentin (171), Tulou (173) et Lesage (219). Goiffon et Parent étudièrent un coefficient très voisin :

$$\frac{1/2 \text{ Air courant} + \text{Air complémentaire}}{1/2 \text{ Air courant} + \text{Air de réserve}}$$

Nous avons nous-même effectué le calcul de très nombreux rapports Air complémentaire/Air de réserve. Les résultats furent contradictoires et nous n'en avons pas poursuivi l'étude systématique. Toutefois, les chiffres ont tendance à augmenter dans la plupart des troubles de la ventilation pulmonaire. Alors que normalement ils avoisinent 1,5 à 2, on peut considérer comme douteux ceux qui dépassent 3,5. Nous avons obtenu chez un bronchiteux de 54 ans le chiffre le plus élevé de 10,87.

Plus près de nous, Mac Intosh (277), en 1935, étudia le rapport capacité pulmonaire de Gréhant (midcapacity) / capacité totale et Birath, en 1946 (144), dans une étude complète de la capacité totale et de ses constituants ainsi que de l'espace mort respiratoire, montra que les rapports, capacité résiduelle (air résiduel) / capacité totale d'une part et capacité d'équilibre (capacité pulmonaire de repos) / capacité totale d'autre part, étaient constants chez les sujets sains et augmentés lorsque la ventilation pulmonaire était troublée.

Birath mit aussi en évidence que, dans l'emphysème, l'espace mort était agrandi ainsi que l'air résiduel et la capacité d'équilibre. L'ensemble de ces résultats permit à Tulou de conclure à la fin de son étude sur les volumes respiratoires : « La mesure du coefficient de ventilation de Gréhant est de tous les moyens d'appréciation de la fonction de la ventilation pulmonaire celui qui nous paraît le meilleur. »

Nous ajouterons, qu'impliquant la mesure de l'air résiduel, son étude est fort délicate et de ce fait dépassait le cadre de notre travail.

Nous avons noté :

a) La valeur de la fréquence respiratoire au repos est approximativement égale chez l'homme et chez la femme, mais est plus élevée chez les enfants que chez les adultes.

b) Il existe une marge des valeurs normales très grande qui rend difficile l'interprétation, probablement à la suite de phénomènes personnels réflexes; ce tableau nous permet de considérer comme limite supérieure approximative des chiffres normaux, 30 pour les sujets de 6 à 12 ans, 25 pour ceux de 12 à 16 ans et 20 pour les adultes; une augmentation au delà de ces valeurs et une augmentation importante chez un même sujet au cours de différents examens ont certainement une signification pathologique.

c) Parmi nos malades, nous avons relevé 4 résultats anormaux chez les bronchiteux sur 63 examens (6,6 %), 10 chez les asthmatiques sur 188 (5,4 %), 3 chez les emphysémateux sur 21 (14,3 %) et 4 chez les dilatés bronchiques sur 13 (30,7 %). Voici quelques chiffres donnant une idée de grandeur des variations que nous avons observées chez des asthmatiques pendant leurs crises.

— Jean P., 9 ans, état de mal asthmatique.

Première exploration (34 mouvements respiratoires par minute) :
C.V. 0,805 l.

Deuxième exploration (30 mouvements respiratoires par minute) :
C.V. 0,910 l.

— Mme L., 38 ans, asthme intriqué de bronchites à crises répétées actuelles. Dyspnée au repos.

Première exploration (24 mouvements respiratoires par minute) :
C.V. 1,835 l.

Deuxième exploration (30 mouvements respiratoires par minute) :
C.V. 1,555 l.

La mesure de la ventilation minute, comme nous l'avons dit, a un assez gros intérêt, mais est très difficile à réaliser correctement, de manière à obtenir des résultats dignes d'interprétation. De nombreux sujets ont une certaine difficulté à s'adapter, tout au moins rapidement, aux conditions d'expérience et augmentent sensiblement, sans trouble fonctionnel pulmonaire, leur ventilation minute. Celle-ci ne varie pas avec le sexe, elle ne change que très peu avec l'âge, les moyennes étant situées entre 6 et 8 litres par minute jusqu'à 13 ans et entre 8 à 10 litres chez les adultes. Réalisée dans de bonnes conditions, son augmentation au delà des limites normales a une réelle signification pathologique, comme l'a constaté Tuloudas sa thèse où il écrit : « Une valeur anormalement élevée de la ventilation minute est un test excellent d'une insuffisance respiratoire, si on la constate de façon permanente. »

Sur nos 321 examens, 40 présentèrent une augmentation de ce test; toutefois 40 % parmi ces derniers ne purent être considérés

comme significatifs. Nous avons donc abandonné l'étude systématique de la ventilation minute dans le cadre de notre travail. Signalons que les chiffres extrêmes que nous avons obtenus sont de 3,9 litres par minute chez une fille de 15 ans, dilatée bronchique et de 15,5 litres chez une emphysémateuse, alors qu'il nous fut donné de remarquer, chez des insuffisants respiratoires notoires, des valeurs normales de la ventilation minute.

Nous avons enfin étudié les durées comparées de l'inspiration et de l'expiration au repos au moyen de l'inscription du mouvement respiratoire correspondant sur le cylindre de l'appareil Tiffeneau. Nous avons constaté, d'une manière fixe, que leurs valeurs moyennes étaient équivalentes chez les sujets sains avec une marge de 15 %, l'expiration étant le plus souvent légèrement plus prolongée que l'inspiration.

Chez de nombreux autres sujets, bronchiteux, asthmatiques (21 malades sur 70), emphysémateux, voire normaux, mais, dans ce cas, ayant eu dans l'enfance, où récemment, une affection pulmonaire aiguë ou chronique, pneumonie, pleurésie, bronchites, l'expiration était prolongée de 15 à 30 % par rapport à l'inspiration. Au delà de cette augmentation de 30 %, il s'agissait vraiment d'insuffisants respiratoires. Voici le nombre de ces cas nettement anormaux :

— Bronchite	:	4	sujets	sur	30	examinés.
— Emphysème	:	4	»	»	7	»
— Asthme	:	6	»	»	70	»

VI. — Conclusion générale.

Les épreuves, que nous venons de décrire, ne nous ont pas permis d'établir un test efficace pour déceler les petites insuffisances respiratoires chez les sujets nouvellement examinés et pour lesquels on ne peut que se rapporter à des tableaux construits empiriquement, au moyen d'une statistique et, de ce fait, exacts dans une proportion toute relative.

Toutefois la sensibilité du test de la capacité vitale, bien mise en évidence par Robert Tiffeneau et son école, et que nous avons relevée nous-mêmes, permet l'étude des légères variations de la valeur de la ventilation pulmonaire chez un même individu. C'est là, à notre avis, où repose l'intérêt principal de cette épreuve qui, par ailleurs, détermine également la réserve statique de la mécanique respiratoire, ce qui est *a priori* fort instructif. Ainsi, à notre sens, la mesure de la capacité vitale est un test indispensable dans toute étude de la ventilation pulmonaire.

S'il n'est pas utile de faire les rapports, mathématiquement établis, entre la valeur de la capacité vitale et celle des autres facteurs personnels, du moins est-il nécessaire de connaître ces derniers pour en faire le rapprochement avec la capacité vitale.

Les évaluations des différents volumes pulmonaires, de la fréquence respiratoire, de la ventilation minute et des durées compa-

rées de l'inspiration et de l'expiration au repos, quoique d'appréciation difficile et nécessitant dans de nombreux examens une prudente réserve d'interprétation, sont d'un intérêt incontestable.

L'association de ces épreuves forme une méthode d'exploration donnant une appréciation assez exacte des possibilités respiratoires d'un sujet, permet la mise en évidence de nombreuses insuffisances pulmonaires et la détermination grossière du mécanisme des troubles fonctionnels correspondants.

LA CAPACITE PULMONAIRE UTILISABLE A L'EFFORT

I. — *Mécanisme physiologique de la Ventilation pulmonaire.*

La capacité vitale est, en somme, le volume maximum qu'un sujet est susceptible de mobiliser. Si elle est faible, l'air courant, même augmenté, ne peut pas évidemment la dépasser. Sa détermination, on le conçoit, et nous venons de le montrer par nos résultats, est indispensable dans toute méthode d'exploration de la ventilation.

D'après Tiffeneau (Thèse de Lesage, loc. 219), elle dépend du volume total du parenchyme pulmonaire sain, de la souplesse et de la mobilité de la cage thoracique, du jeu du diaphragme et des intercostaux, dont l'ensemble constitue un soufflet dont la qualité retentit sur la ventilation pulmonaire. Enfin, elle est également, et même surtout, fonction du tonus des muscles lisses qui conditionnent l'ouverture ou la fermeture des bronchioles, des atria et des infundibula. Un tonus bronchoconstricteur trop important entraîne la mise hors du circuit fonctionnel d'un territoire parenchymateux plus ou moins grand et place, de ce fait, le sujet en état d'insuffisance respiratoire se manifestant tout particulièrement par une diminution de la capacité vitale. Cette dernière, et principalement ses variations, ont donc une signification physiologique bien précise, d'après cet auteur.

Or, l'étude des capacités pulmonaires, telle que nous venons de l'effectuer pour l'adapter à nos principes de travail, ne permet d'apprécier qu'un des facteurs de la ventilation et beaucoup plus instructive encore semble être, *a priori*, la connaissance du plus grand volume, fraction constituante de la capacité vitale, susceptible d'être utilisable lors d'un besoin respiratoire important.

Pinelli (176), élève de Tiffeneau, montra en effet l'intérêt tout

particulier de ce facteur. D'après lui la ventilation pulmonaire peut être schématiquement régularisée par l'augmentation de la fréquence et de l'amplitude des mouvements respiratoires et aussi par l'accroissement de la surface active des poumons par modification de leur position moyenne (Tiffeneau) et par l'élévation du taux d'utilisation de l'oxygène alvéolaire (Rossier). En fait, le volume pulmonaire en exercice (air circulant) constitue l'un des facteurs les plus importants de la mécanique respiratoire : « La fréquence et l'amplitude de la respiration sont principalement conditionnées par la teneur du sang en oxygène et en gaz carbonique, mais le rôle de ces deux facteurs étant bien établi, le type de la respiration est également subordonné à la valeur du volume pulmonaire réellement en fonction à chaque respiration. » (Dautrebande.)

C'est donc l'étude du volume maximum utilisable de la capacité vitale, c'est-à-dire l'air circulant maximum, qui est le facteur prédominant dans le mécanisme de la ventilation à l'effort et dans la détermination du débit respiratoire maximum. Tiffeneau s'est attaché tout particulièrement à son évaluation.

Il montra tout d'abord, avec Pinelli, que la plus grande vitesse de l'expiration forcée était une donnée constante pour un sujet déterminé. Les enregistrements qu'ils effectuèrent établirent des courbes expiratoires toujours superposables chez le même individu et la pente de ces courbes était une caractéristique de l'insuffisance respiratoire de ce dernier. D'où la grande valeur fonctionnelle de la dynamique expiratoire.

D'autre part, d'après ces deux auteurs, l'inspiration constitue un temps pariétal, l'expiration, un temps bronchique. Le moteur en est la paroi, à l'inspiration, et, en plus du système musculaire costo-diaphragmatique, l'élasticité des systèmes tensionnels parenchymateux, à l'expiration; l'efficacité de la mécanique respiratoire se montre surtout sous la dépendance de ce dernier facteur. La capacité bronchique ou espace mort, d'une part, et le calibre de l'arbre bronchique qui règle le débit du courant aérien, d'autre part, on également leur rôle dans le mécanisme de l'expiration. Le calibre bronchique résulte en particulier du jeu de la musculature de Reissessen qui, placée sous la dépendance du système nerveux autonome, subit de fréquentes variations physiologiques. Lorsque sa constriction est modérée, elle n'exerce pas de répercussion sur la ventilation pulmonaire; lorsqu'elle est plus intense et dépasse un certain seuil, alors elle exerce une influence sur elle.

Ainsi, chez le sujet sain comme chez le malade, dans le mécanisme de la ventilation à l'effort, le volume pulmonaire utilisable est le facteur prédominant et la dynamique d'un mouvement respiratoire dépend principalement du temps expiratoire qui traduit surtout la valeur fonctionnelle de l'élément élastique parenchymateux et l'état de la bronchoconstriction.

Ce furent ces considérations physiologiques qui amenèrent Tiffeneau et Pinelli à mettre au point le test de la « capacité pulmonaire utilisable à l'effort ».

II. — *Signification de la mesure de la capacité pulmonaire utilisable à l'effort.*

TiffenEAU et Pinelli, après avoir montré que le mécanisme de l'expiration était, en somme, le facteur essentiel de la qualité de la ventilation pulmonaire et que son étude était plus instructive que celle de l'inspiration ou de la fréquence respiratoire, constatèrent empiriquement, sur un grand nombre d'expériences, que, chez la plupart des sujets normaux et pathologiques, la fréquence respiratoire, lors d'un effort d'une certaine importance, était en moyenne de 30 à la minute, c'est-à-dire correspondait à un mouvement complet toutes les deux secondes. Par ailleurs, au cours d'une respiration maxima, la durée expiratoire proprement dite, en dehors des temps perdus au début et à la fin du mouvement, est proche en moyenne d'une seconde, représentant la moitié du temps total nécessaire à l'accomplissement du mouvement complet. Ces résultats permirent à TiffenEAU et Pinelli (154 et 178) de désigner sous le nom de « capacité pulmonaire utilisable à l'effort » (1) le plus grand volume qui peut être expiré durant la première seconde d'une expiration forcée faisant suite à une inspiration complète. Autrement dit, d'après sa définition, « la capacité pulmonaire utilisable à l'effort », comme la « capacité vitale réflexe de Goiffon » exprime la plus grande amplitude des mouvements respiratoires qu'est susceptible d'effectuer un sujet lorsqu'il est soumis à la sollicitation d'un besoin respiratoire important. Enfin, sa valeur multipliée par 30 donne un chiffre voisin du débit respiratoire maximum. Cette notion, empirique en soi, devait être contrôlée par mesures comparées, sur de mêmes sujets, de la « Ventilation maxima » (2) calculée directement et du débit respiratoire maximum évalué à partir de la capacité pulmonaire utilisable à l'effort.

Voici un tableau (fig. 12) exprimant les résultats obtenus à l'Hôpital Laënnec par Cara (points sur le schéma) et par nous-même (croix sur le schéma) à La Bourboule. Nous devons admettre que nos mesures personnelles sont entachées d'une erreur. Nous avons été obligé, par nécessité d'appareillage, d'effectuer la mesure de la ventilation maxima sur l'appareil type Cara et celle de la capacité pulmonaire utilisable à l'effort sur l'appareil type TiffenEAU.

En fait, il semble donc bien certain que la correspondance entre le débit respiratoire maximum et la capacité pulmonaire utilisable à l'effort n'est pas parfaite. D'après les mesures de Cara, la ventilation maxima représente en moyenne 80 à 85 % du débit respira-

(1) Par souci de justice envers son auteur, nous l'avons personnellement, à La Bourboule, qualifiée d' « Epreuve de TiffenEAU », expression également employée actuellement par Cara au Centre d'exploration fonctionnelle de l'Hôpital Laënnec. Dans une récente note à la Société de Biologie, le Professeur Olivier et nous-même avons repris le terme de « capacité maxima utilisable à l'effort (C.M.U.E.) ».

(2) L'expression « Ventilation maxima » est celle utilisée par Cara pour qualifier le « Débit respiratoire maximum ».

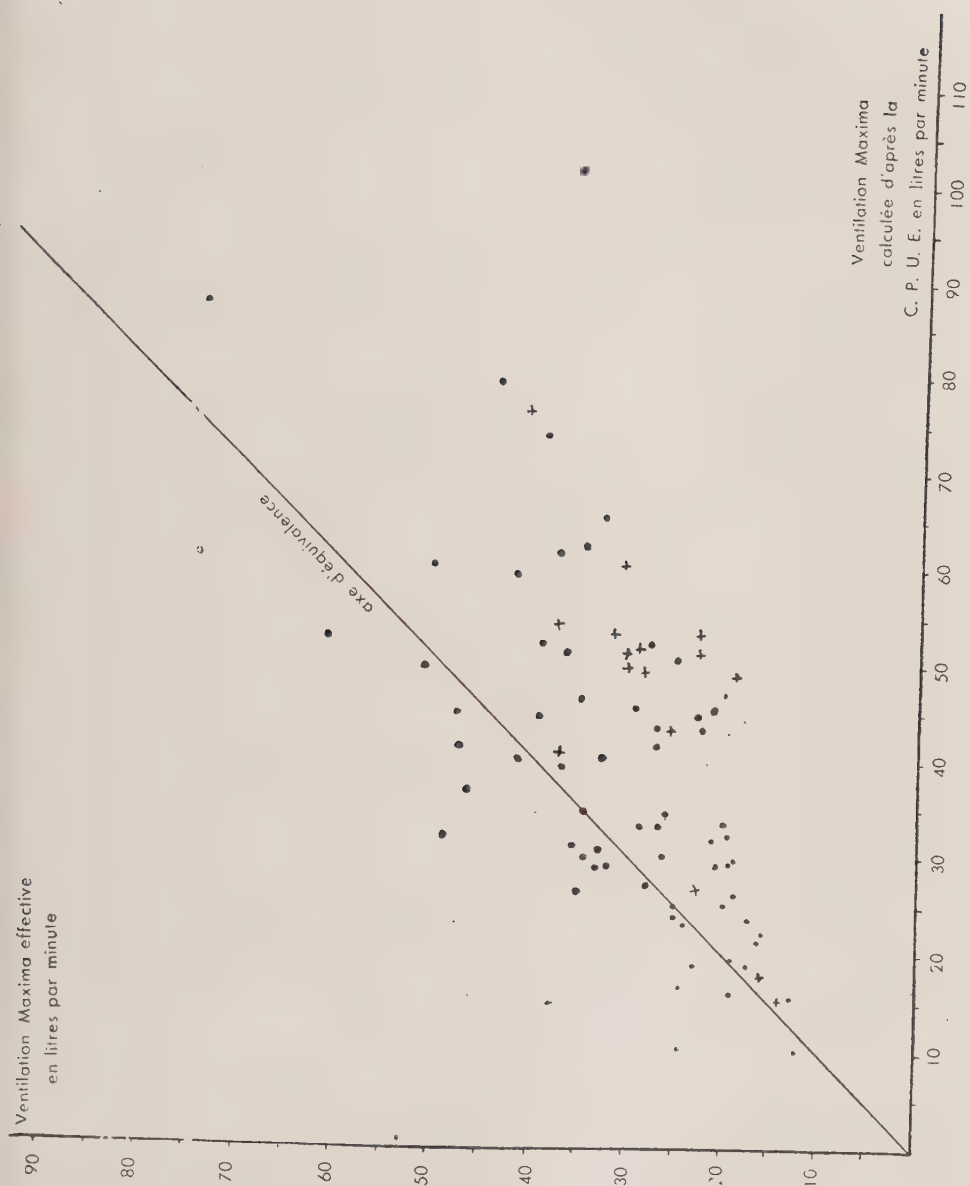


FIGURE 12
VALEURS COMPAREES DE LA VENTILATION MAXIMA EFFECTIVE
ET DE LA VENTILATION MAXIMA CALCULEE
D'APRES LA CAPACITE PULMONAIRE UTILISABLE A L'EFFORT

toire maximum, calculé d'après la capacité pulmonaire utilisable à l'effort. Ceci peut s'expliquer par la plus grande difficulté d'exécution de l'épreuve classique, surtout par les malades, et par une réaction bronchique mécanique provoquée chez ces derniers par les mouvements alternatifs, rapides et violents, nécessaires à sa détermination, réaction parfois manifestée par une toux plus ou moins intense. La capacité pulmonaire utilisable à l'effort, au contraire, ne nécessitant, pour sa réalisation, que le début d'une expiration forcée, ne cause pas, même chez le sujet sensible, un tel phénomène. C'est pourquoi sa valeur correspond, la plupart du temps, à un débit respiratoire maximum supérieur à celui mesuré effectivement. Dans ces cas, certes, la ventilation maxima semble exprimer, avec plus de réalisme que la capacité pulmonaire utilisable à l'effort, les possibilités respiratoires dynamiques réelles du sujet.

Au contraire, dans quelques cas beaucoup plus rares, les résultats sont inversés. Aucune explication ne peut encore justifier ce dernier phénomène. Tiffeneau pense qu'il tient à des conditions physiopathologiques particulières qu'il serait intéressant de déceler par des études ultérieures. Quoi qu'il en soit, malgré les divergences signalées, il semble bien que la capacité pulmonaire utilisable à l'effort soit susceptible d'être considérée comme une épreuve de signification parallèle à celle du débit respiratoire maximum. C'est dans cet esprit que nous l'avons systématiquement étudiée à La Bourboule et prise comme élément essentiel de notre méthode d'exploration de la ventilation pulmonaire, montrant par là, le grand intérêt pratique et théorique que nous lui accordons.

Avant de passer à la description de nos résultats, signalons qu'une épreuve voisine vient d'être mise au point par Hamburger, Halpern et Degeorges (279), « le débit expiratoire moyen » qui est le rapport entre le volume d'air expiré pendant une expiration forcée et la durée de cette expiration. « Chez l'asthmatique, selon ces auteurs, le temps nécessaire à l'expiration complète est considérablement augmenté par rapport au sujet sain, d'où diminution du débit expiratoire moyen à 20 ou 40 % de sa valeur physiologique. Ce fait s'observe en période de crise, mais aussi en dehors d'elle. » Enfin, ils montrèrent que les principes bronchodilatateurs amélioraient ce coefficient chez les malades.

III. — *Résultats de la mesure de la capacité pulmonaire utilisable à l'effort.*

Nous avons déjà décrit, dans le chapitre sur le fonctionnement du Centre d'Exploration fonctionnelle de la Ventilation pulmonaire aux Grands Thermes de La Bourboule, le mécanisme de la réalisation de cette épreuve. Il nous reste donc, alors que nous venons de déterminer sa signification physiologique, à développer les résultats que nous avons obtenus.

TABLEAU XIV

Valeurs normales de la capacité pulmonaire utilisable à l'effort.

♂	C. P. U. E. EN CM ³			♀	C. P. U. E. EN CM ³		
	Minimum	Moyenne	Maximum		Minimum	Moyenne	Maximum
7 ans	1.200	1.210	1.220		»	»	»
8 ans	»	»	»		965	1.110	1.180
9 ans	1.350	1.580	1.870		1.070	1.280	1.625
10 ans	1.410	1.600	1.975		1.220	1.230	1.240
11 ans	1.530	1.705	2.050		1.220	1.415	1.700
12 ans	1.610	1.785	2.205		1.325	1.465	1.860
13 ans	1.765	1.900	2.000		1.420	1.820	2.195
14 ans	1.930	2.335	2.815		1.670	1.905	2.360
15 ans	»	2.270	»		1.785	1.940	2.225
16-18 ans ...	2.490	2.695	2.805		2.030	2.350	2.540
18-20 ans ...	2.865	2.980	3.200		»	»	»
20-25 ans ...	3.055	3.460	4.030		2.215	2.275	2.370
25-35 ans ...	2.585	3.270	3.990		2.150	2.290	2.415
Tableau correspondant à 93 examens et 59 sujets différents.				Tableau correspondant à 52 examens et 46 sujets différents			

Remarquons tout d'abord que les essais répétés chez des mêmes sujets, dans des conditions physiologiques et expérimentales identiques, ont abouti à des résultats très voisins, les chiffres les meilleurs de chaque exploration, c'est-à-dire ceux que nous retenirions pratiquement, n'étant jamais différents entre eux de plus de 10 %. Ce fait donne déjà une réelle valeur à ce test.

Le tableau XIV résume l'ensemble des résultats normaux que nous avons obtenus selon l'âge et le sexe des individus. Nous avons utilisé pour sa réalisation, comme pour le tableau III sur la capacité vitale et pour le tableau VI sur le rapport $\frac{C.V.}{S.C.}$, tous les chiffres

correspondant à des sujets cliniquement sains et tous ceux, relatifs à des asthmatiques ou bronchiteux, supérieurs à la plus faible valeur numérique trouvée pour un individu normal du même âge et du même sexe.

La capacité pulmonaire utilisable à l'effort, comme la capacité vitale et le rapport $\frac{C.V.}{S.C.}$, présente des marges de valeurs normales

très importantes : 2,500 l. à plus de 4 l. chez un homme sain. Il est donc difficile d'apprécier d'une façon absolue et précise la signification exacte de sa mesure chez un individu nouvellement examiné.

Elle varie avec le sexe et l'âge, est plus élevée chez les garçons que chez les filles, chez les hommes que chez les femmes. Elle passe par un maximum d'environ 3 l. vers 25 ans chez l'homme, de 2,250 l. en moyenne entre 20 et 25 ans chez la femme. Elle diminue par la suite. Les facteurs influençant la valeur de la capacité vitale retentissent donc également sur celle de la capacité pulmonaire utilisable à l'effort.

Nous avons dans ces conditions construit le tableau XV selon les mêmes principes que ceux qui nous ont permis de réaliser les tableaux IV et VII. Il donne lieu aux mêmes restrictions que ces deux derniers quant à la signification des valeurs certainement pathologiques, douteuses, ou probablement normales, qui y sont exprimées.

TABLEAU XV

Signification clinique approximative des valeurs de la C.P.U.E.

AGE	Valeurs certainement pathologiques	en cm ³	Valeurs douteuses	en cm ³	Valeurs probablement normales	Valeurs certainement pathologiques	en cm ³	Valeurs douteuses	en cm ³	Valeurs probablement normales
7 ans.	<	1.080	< <	1.200	<	<	»	< <	»	<
8 —	—	1.170	— —	1.300	—	—	855	— —	950	—
9 —	—	1.215	— —	1.350	—	—	945	— —	1.050	—
10 —	—	1.260	— —	1.400	—	—	990	— —	1.100	—
11 —	—	1.350	— —	1.500	—	—	1.080	— —	1.200	—
12 —	—	1.440	— —	1.600	—	—	1.170	— —	1.300	—
13 —	—	1.575	— —	1.750	—	—	1.260	— —	1.400	—
14 —	—	1.710	— —	1.900	—	—	1.395	— —	1.550	—
15 —	—	1.910	— —	2.100	—	—	1.530	— —	1.700	—
16-18	—	2.070	— —	2.300	—	—	1.665	— —	1.850	—
18-20	—	2.160	— —	2.400	—	—	»	— —	»	—
20-35	—	2.350	— —	2.500	—	—	1.830	— —	2.100	—
♂						♀				

Les chiffres donnant la limite inférieure des valeurs probablement normales ont été obtenus par nos mesures, les chiffres donnant la limite supérieure des valeurs certainement pathologiques l'ont été en diminuant de 10 %, les chiffres correspondants de la colonne précédente.

Les résultats que nous avons obtenus chez les malades nous ont permis de réaliser le tableau XVI qui exprime, pour chaque affection, le pourcentage, par rapport au nombre total des essais, de ceux certainement pathologiques, douteux ou probablement normaux, tels que nous les avons définis.

TABLEAU XVI

Pourcentage des valeurs de la capacité pulmonaire utilisable à l'effort.

		Valeurs certainement pathologiques en %	Valeurs douteuses en %	Valeurs probablement normales en %	Valeurs variables dans le cas de mesures répétées en %
ASTHME	♂ 75 sujets. 111 examens.	36,6	18,2	45,2	41,7
	♀ 47 sujets. 81 examens.	44,4	14,8	40,8	64,5
	TOTAL : 122 sujets. 192 examens.	40,6	17,2	42,2	52,2
EMPHYSEME	13 sujets. 22 examens.	95,6	4,4	»	33,3
BRONCHITE	36 sujets. 59 examens.	22,1	25,3	52,6	20,0
DILATATION DES BRONCHES ...	8 sujets. 14 examens.	8 ex.	3 ex.	3 ex.	»

TABLEAU XVII

Valeurs de la C.P.U.E. chez les asthmatiques et les bronchiteux.

♂	C. P. U. E. EN CM ³			C. P. U. E. EN CM ³		
	Minimum	Moyenne	Maximum	Minimum	Moyenne	Maximum
8 ans	»	»	»	970	1.040	1.155
9 ans	525	950	1.660	1.260	1.325	1.390
10 ans	495	1.290	1.700	1.315	1.605	1.975
11 ans	470	1.305	2.050	1.440	1.610	1.735
12 ans	670	1.585	2.205	1.510	1.645	1.720
13 ans	1.210	1.610	1.995	1.510	1.545	1.580
14 ans	670	1.710	2.815	»	»	»
15 ans	1.230	1.705	2.270	»	»	»
16-18 ans	495	1.510	2.805	»	»	»
	Asthme : 64 sujets, 98 examens.			Bronchite chronique : 16 sujets, 25 examens.		

En effet, la moyenne des valeurs de la capacité pulmonaire utilisable à l'effort, chez les asthmatiques, est nettement plus basse que la limite inférieure de ses valeurs chez les sujets normaux. Par ailleurs, la capacité vitale ne nous avait permis de trouver que 22,5 % de sujets anormaux parmi les asthmatiques, la capacité pulmonaire utilisable à l'effort en décèle 40,6%. Ce fait est particulièrement net et, grâce à lui, nous accordons à cette épreuve un intérêt fonctionnel plus considérable qu'à la capacité vitale; nous y reviendrons plus loin.

D'ailleurs, la sensibilité de la capacité pulmonaire utilisable à l'effort se reflète avec encore plus d'intensité lorsqu'en dépassant le domaine de la statistique générale, on s'applique à dépouiller les résultats qu'elle fournit, selon les cas particuliers de la clinique.

Parmi les 16 asthmatiques que nous avons pu considérer comme pratiquement guéris, grâce à l'éloignement de leur dernière crise et aux valeurs normales de leur capacité vitale (sauf pour 2 dont nous avons d'ailleurs expliqué le trouble), 6 présentèrent une diminution de la capacité pulmonaire utilisable à l'effort. Cette épreuve nous a donc semblé, dans cette affection, un test plus sensible et plus précis que la capacité vitale. Parmi les malades sujets à des crises, mais n'en ayant pas eu depuis au moins quinze jours, 63,3 % avaient une capacité vitale normale, 35,3% seulement présentèrent une capacité pulmonaire utilisable à l'effort normale. Enfin, parmi les 37 asthmatiques en état de crise au moment du premier examen, 67,5 % (au lieu de 45,6% pour la capacité vitale) eurent des mesures anormales, 13,5 %, des chiffres douteux, 19 %, des valeurs normales (au lieu de 31,5 %). Les malades correspondant à ces derniers cas étaient des enfants ayant présenté des petites crises dyspnéiques les jours précédents et un adulte dont nous présentons l'observation ci-dessous. Nous avons déjà relevé que l'état de « petites gênes respiratoires » ne retentissait aucunement, dès sa cessation, sur la capacité vitale.

Remarquons que chez un sujet dont on ne connaît pas la valeur physiologique de la capacité pulmonaire utilisable à l'effort, le résultat de la première mesure, en chiffre absolu, peut sembler normal, alors qu'en fait il est anormal pour lui. Il faut donc être assez prudent dans l'interprétation de la première épreuve effectuée sur un asthmatique. Voilà un exemple déjà signalé dans le chapitre de la capacité vitale :

— M. G., 28 ans (minimum de la valeur normale de la C.P.U.E. pour l'âge et le sexe : 2,500 l.).

Première exploration (état asthmatique, les jours précédents) :

C.V. 5,340 l. — C.P.U.E. 2,825 l.

Deuxième exploration (18 jours plus tard, sans autre manifestation entre temps) :

C.V. 5,420 l. — C.P.U.E. 3,810 l.

Voici quelques observations montrant et opposant les variations de la capacité vitale et de la capacité pulmonaire utilisable à l'effort chez les asthmatiques en période calme et en période de crise :

- M. P., 35 ans (état de mal asthmatique plus ou moins permanent).
Première exploration (période de calme) :
C.V. 2,685 l. — C.P.U.E. 1,185 l.
Deuxième exploration (période de crise) :
C.V. 2,105 l. — C.P.U.E. 0,725 l.
Diminution de 21,7 % pour la capacité vitale et de 38,7 % pour la capacité pulmonaire utilisable à l'effort.
- Georges C., 11 ans.
Première exploration (dernière crise terminée 10 jours avant).
C.V. 0,965 l. — C.P.U.E. 0,590 l.
Deuxième exploration (20 jours après la première exploration, sans autre manifestation subjective entre temps) :
C.V. 1,255 l. — C.P.U.E. 0,840 l.
Diminution, consécutive à la crise, de 23,1 % de la C.V. et de 28,9 % de la C.P.U.E.
- M. B., 40 ans.
Première exploration (état de crise, intriqué de bronchite).
C.V. 2,510 l. — C.P.U.E. 1,205 l.
Deuxième exploration (guérison clinique, 20 jours après) :
C.V. 3,190 l. — C.P.U.E. 1,700 l.
Diminution, par la crise, de 21,2 % pour la C.V., de 29,7 % pour la C.P.U.E.
- Roland K., 10 ans (état de mal asthmatique).
Première exploration :
C.V. 1,765 l. — C.P.U.E. 0,905 l.
Deuxième exploration (intensité accentuée de la gêne respiratoire) :
C.V. 1,500 l. — C.P.U.E. 0,545 l.
Diminution de 15 % de la C.V. et de 39,7 % de la C.P.U.E.
- Jean-Claude L., 10 ans.
Première exploration (état de crise asthmatiforme assez intense) :
C.V. 1,185 l. — C.P.U.E. 0,495 l.
Deuxième exploration (nette amélioration, 15 jours plus tard) :
C.P.U.E. 0,810 l.
Diminution, par la crise, de 38,9 % de la C.P.U.E.
- Mme L., 38 ans (asthme intriqué de bronchite).
Première exploration (légère bronchite avec dyspnée d'effort) :
C.V. 1,935 l. — C.P.U.E. 1,135 l.
Deuxième exploration (15 jours plus tard, entre temps 2 ou 3 crises assez intenses ayant duré chaque fois 24 heures) :
C.V. 1,555 l. — C.P.U.E. 0,600 l.
Diminution de 19,6 % de la C.V. et de 47,1 % de la C.P.U.E., par l'état de crise ayant précédé la deuxième exploration.
- Daniel P., 11 ans.
Première exploration (état de repos depuis un mois) :
C.V. 2,310 l. — C.P.U.E. 1,440 l.
Deuxième exploration (crise depuis 48 heures, dyspnée, toux) :
C.V. 1,220 l. — C.P.U.E. 0,470 l.

Diminution de 47,8 % de la C.V. et de 67,2 % de la C.P.U.E., à la suite de la crise.

— Simone F., 12 ans (asthme infantile intriqué de bronchite).

Première exploration (fin de la dernière crise, la veille) :

C.V. 1,300 l. — C.P.U.E. 0,755 l.

Deuxième exploration (10 jours après, nette amélioration) :

C.V. 1,785 l. — C.P.U.E. 1,260 l.

Diminution, par la crise, de 27,1 % de la C.V. et de 40 % de la C.P.U.E.

— Ange-Marie M., 28 ans.

Première exploration (dernière crise, 3 semaines avant) :

C.V. 2,825 l. — C.P.U.E. 1,910 l.

Deuxième exploration (légère crise, la veille) :

C.V. 2,550 l. — C.P.U.E. 1,670 l.

Diminution : 9,7 % de la C.V. et 12,5 % de la C.P.U.E.

Ainsi, la plupart du temps, les crises d'asthme provoquent une diminution importante de la capacité pulmonaire utilisable à l'effort, relativement plus accentuée que celle de la capacité vitale et semblant être proportionnelle à l'intensité du trouble subjectif.

Enfin, avant de quitter le domaine clinique de l'asthme, voici quelques variations provoquées, chez des malades souffrant de cette affection; par un simple catarrhe nasal ou bronchique, sans manifestation asthmatique vraie, sur les capacités vitales et pulmonaires utilisables à l'effort.

— Janine M., 11 ans.

Première exploration (dernière crise, 4 mois avant) :

C.V. 1,970 l. — C.P.U.E. 1,480 l.

Deuxième exploration (au cours d'une rhino-pharyngite et trachéite) :

C.V. 1,505 l. — C.P.U.E. 0,915 l.

Diminution de 23,5 % de la C.V. et de 30,8 % de la C.P.U.E.

— Roger T., 13 ans.

Première exploration (aucune crise, aucun rhume, depuis plus d'un an) :

C.V. 2,540 l. — C.P.U.E. 1,730 l.

Deuxième exploration (rhino-pharyngite, depuis 2 jours) :

C.V. 2,185 l. — C.P.U.E. 1,450 l.

Diminution de 13,9 % de la C.V. et de 16,2 % de la C.P.U.E.

— Liliane M., 13 ans.

Première exploration (dernière crise 3 mois avant, mais légère bronchite actuelle) :

C.V. 2,510 l. — C.P.U.E. 1,650 l.

Deuxième exploration (8 jours après, guérison de la bronchite) :

C.V. 3,060 l. — C.P.U.E. 1,910 l.

Diminution, par la bronchite, de 16 % pour la C.V. et de 13,6 % pour la C.P.U.E.

— François L., 12 ans.

Première exploration (dernière crise, 5 mois avant) :

C.V. 1,775 l. — C.P.U.E. 1,145 l.

Deuxième exploration (coryza et légère bronchite) :

C.V. 1,630 l. — C.P.U.E. 0,670 l.

Diminution de 8,3 % pour la C.V. et de 41,4 % pour la C.P.U.E.

— Marie-Rose S., 11 ans.

Première exploration (dernière crise, 4 mois avant) :

C.V. 1,890 l. — C.P.U.E. 1,335 l.

Deuxième exploration (forte toux depuis la veille) :

C.V. 1,500 l. — C.P.U.E. 0,850 l.

Diminution de 20,5 % pour la C.V. et de 35,5 % pour la C.P.U.E.

Ces mesures viennent confirmer les résultats que nous avons obtenus lors de notre étude sur la capacité vitale, à savoir que les asthmatiques sont des sujets très instables et qu'une légère affection au niveau de leurs voies aériennes retentit largement sur la valeur fonctionnelle de leur ventilation pulmonaire.

3° Dans l'emphysème, les résultats transmis par l'évaluation de la capacité pulmonaire utilisable à l'effort sont peut-être encore plus importants, puisque nous n'avons relevé aucune valeur normale et 95,6 % de mesures pathologiques chez les sujets que nous avons examinés. Voici quelques observations particulièrement significatives :

— M. S., 59 ans (emphysème, bronchite chronique) (observation du Professeur H. R. Olivier).

Première exploration (mars 1948) :

C.V. 2,875 l. — C.P.U.E. 1,090 l.

Deuxième exploration (nette amélioration de la toux et de l'essoufflement, février 1949) :

C.V. 3,480 l. — C.P.U.E. 1,825 l.

Augmentation de 17,3 % de la C.V. et de 40,3 % de la C.P.U.E. correspondant à l'amélioration subjective.

— Mme D., 62 ans (emphysème, sclérose pulmonaire. Compensation cardiaque) :

C.V. 1,060 l. — C.P.U.E. 0,345 l.

— M. B., 66 ans (obèse, 107 kg., emphysème pulmonaire avec dyspnée d'effort importante) :

C.V. 2,600 l. — C.P.U.E. 1,280 l.

— M. S., 60 ans (Sclérose pulmonaire marquée, avec légère décompensation cardiaque, emphysème pulmonaire avec rigidité thoracique. Dyspnée continuelle, même au repos) :

Première exploration :

C.V. 2,530 l. — C.P.U.E. 0,420 l.

Deuxième exploration (20 jours après) :

C.V. 1,800 l. — C.P.U.E. 0,410 l.

— M. H., 53 ans (emphysème pulmonaire, sclérose bronchique, symphyse cardio-diaphragmatique, légère insuffisance cardiaque - électrocardiogramme).

Première exploration :

C.V. 2,105 l. — C.P.U.E. 0,735 l.

Deuxième exploration (20 jours après) :

C.V. 2,035 l. — C.P.U.E. 0,650 l.

— M. D., 43 ans (emphysème pulmonaire avec catarrhe bronchique).

Première exploration :

C.V. 2,300 l. — C.P.U.E. 0,880 l.

Deuxième exploration (20 jours après) :

C.V. 3,090 l. — C.P.U.E. 1,125 l.

Ces observations montrent la diminution considérable de la capacité pulmonaire utilisable à l'effort que l'on observe le plus souvent chez les emphysemateux. Cet affaîssement est relativement plus net que celui relevé sur les valeurs correspondantes de la capacité vitale.

4° Chez les bronchiteux chroniques, les résultats sont moins caractéristiques (14,5 % d'épreuves anormales pour le test de la C.V., 22,1 % pour la C.P.U.E.). On relève également, dans cette affection, la plus grande sensibilité de la capacité pulmonaire utilisable à l'effort que celle de la capacité vitale.

Chez les adénoïdiens, les rachitiques, les valeurs sont relativement normales. Dans le cas d'un sujet ayant eu un abcès du poumon, nous avons obtenu les chiffres suivants :

— M. C., 29 ans (abcès du poumon, 6 mois auparavant. Pleurotomie. Convalescence excellente) :

C.V. 3,200 l. — C.P.U.E. 2,350 l.

Voici maintenant quelques observations destinées à montrer l'action des manifestations pharyngées ou bronchiques sur la capacité pulmonaire utilisable à l'effort chez ces malades.

— M. R., 54 ans.

Première exploration (rhino-pharyngite, léger catarrhe bronchique) :

C.V. 3,215 l. — C.P.U.E. 2,165 l.

Deuxième exploration (état normal, 19 jours après) :

C.V. 3,805 l. — C.P.U.E. 2,150 l.

Augmentation de 10,8 % de la C.V., C.P.U.E. stationnaire, lors de la deuxième exploration.

— Ginette C., 13 ans (quelques bronchites disséminées).

Première exploration :

C.V. 1,775 l. — C.P.U.E. 1,470 l.

Deuxième exploration (coryza nasal depuis 4 jours) :

C.V. 1,775 l. — C.P.U.E. 1,335 l.

C.V. stationnaire, diminution de 9,2 % de la C.P.U.E., au cours du coryza.

— Daniel B., 11 ans (quelques bronchites les hivers).

Première exploration :

C.V. 1,845 l. — C.P.U.E. 1,545 l.

Deuxième exploration (léger coryza nasal) :

C.V. 1,910 l. — C.P.U.E. 1,650 l.

Epreuves stationnaires.

— Régine G., 15 ans (bronchite chronique).

Première exploration :

C.V. 2,475 l. — C.P.U.E. 2,195 l.

Deuxième exploration (terminaison d'un épisode aigu) :

C.V. 2,260 l. — C.P.U.E. 2,060 l.

Diminution de 8,6 % de la C.V. et de 6,1 % de la C.P.U.E., lors de la deuxième exploration.

- Suzanne B., 14 ans (bronchites nombreuses, expectoration importante. Légère dilatation des bronches probable).

Première exploration :

C.V. 2,245 l. — C.P.U.E. 1,460 l.

Deuxième exploration (toux avec expectoration) :

C.V. 2,245 l. — C.P.U.E. 1,460 l.

C.V. stationnaire, C.P.U.E. diminuée de 17 %, lors de la deuxième épreuve.

- Bernadette D., 12 ans (quelques bronchites).

Première exploration :

C.V. 1,885 l. — C.P.U.E. 1,520 l.

Deuxième exploration (coryza, toux) :

C.V. 1,615 l. — C.P.U.E. 1,325 l.

Diminution de 13,7 % de la C.V. et de 12,8 % de la C.P.U.E., par suite du catarrhe.

- Monique D., 11 ans (bronchites fréquentes).

Première exploration :

C.V. 1,605 l. — C.P.U.E. 1,300 l.

Deuxième exploration (toux, avec expectoration) :

C.V. 1,460 l. — C.P.U.E. 1,220 l.

Diminution de 9 % de la C.V. et de 6,1 % de la C.P.U.E., à la suite du catarrhe.

Dans l'ensemble de ces cas cliniques, le plus souvent, les diminutions de la capacité pulmonaire utilisable à l'effort et de la capacité vitale sont parallèles. Parfois, au contraire, l'un des deux tests est plus affaîssi que l'autre. De plus, les variations de la capacité pulmonaire utilisable à l'effort chez les bronchiteux sont comparativement beaucoup moins importantes que celles observées chez les asthmatiques, lors d'une affection aiguë des voies respiratoires.

5° Les résultats sont très variables également dans la dilatation des bronches; malheureusement nous ne pouvons, faute d'une statistique suffisamment substantielle, tirer des conclusions valables. Voici quelques observations à ce sujet :

- M. D., 33 ans.

Première exploration :

C.V. 2,165 l. — C.P.U.E. 1,605 l.

Deuxième exploration (amélioration subjective) :

C.V. 2,640 l. — C.P.U.E. 1,555 l.

C.P.U.E. stationnaire, C.V. augmentation de 18 %, lors de la deuxième exploration.

- Monique D., 10 ans.

Première exploration :

C.V. 0,920 l. — C.P.U.E. 0,420 l.

Deuxième exploration (amélioration subjective) :

C.V. 1,195 l. — C.P.U.E. 0,545 l.

Augmentation de 23 % de la C.V. et de 29,7 % de la C.P.U.E., au cours de la deuxième épreuve.

— Ginette P., 19 ans.

Première exploration :

C.V. 1,905 l. — C.P.U.E. 1,080 l.

Deuxième exploration :

C.V. 2,025 l. — C.P.U.E. 1,300 l.

Augmentation de 6,1 % de la C.V. et de 16,9 % de la C.P.U.E., au cours de la deuxième exploration.

IV. — *Conclusion.*

La capacité pulmonaire utilisable à l'effort (C.P.U.E.), mise au point par Robert Tiffeneau et Pinelli, est une épreuve simple et rapide par les manœuvres qu'elle nécessite. Sa mesure est très bien acceptée par les malades et les enfants eux-mêmes se prêtent facilement et avec docilité à sa réalisation.

Elle dépend plus ou moins du volume de la capacité vitale, et de ce fait est fonction des différents facteurs de variation de cette dernière. Grâce à la constance des résultats obtenus, dans des conditions physiologiques et expérimentales identiques, chez de mêmes sujets, elle a une valeur pratique incontestable.

Son caractère essentiel est la sensibilité, qu'elle présente dans la mise en évidence de certaines insuffisances de la ventilation pulmonaire, particulièrement remarquable lorsqu'on oppose les résultats qu'elle fournit à ceux correspondants de la capacité vitale. L'intérêt de sa mesure est considérable chez les asthmatiques et les emphysémateux. Il faut lui accorder, en effet, une grande valeur dans l'étude des variations fonctionnelles de ces malades et c'est un des meilleurs tests d'amélioration dont on dispose à l'heure actuelle sur ce terrain. Elle permet d'apprécier l'intensité des troubles et d'établir un pronostic avec beaucoup plus de précision que la capacité vitale.

Chez les bronchiteux et chez les dilatés bronchiques, la capacité pulmonaire utilisable à l'effort suit le plus souvent les variations de la capacité vitale. Parfois, cependant, elle présente un affaissement plus net, témoignage d'un trouble plus ou moins rigoureusement en rapport avec le tonus et l'élasticité des fibres musculaires lisses bronchiques.

Inversement, quelquefois, mais exceptionnellement dans notre statistique, elle se montra moins affaiblie relativement à l'effondrement de la capacité vitale. Dans ces cas, le seul trouble résidait en une diminution de la capacité pulmonaire par blocage probable extrinsèque ou intrinsèque de la cage thoracique ou des sacs alvéolaires et des bronchioles.

La capacité pulmonaire utilisable à l'effort exprime certes le plus grand volume dont peut « disposer » effectivement un sujet

à l'effort et sa signification se trouve voisine de celle du débit respiratoire maximum. Cependant, en fait, elle représente l'évaluation d'un élément physiologique, plus ou moins complexe, dont la détermination est d'un intérêt considérable, parce que particulièrement perturbé, dans l'asthme, l'emphysème, la sclérose pulmonaire et plus généralement dans toutes les affections correspondant à des lésions anatomiques ou à des insuffisances fonctionnelles de la musculature bronchique. Nous reviendrons sur ce problème dans le chapitre suivant.

VI

ETUDE DU RAPPORT CAPACITE VITALE SUR CAPACITE PULMONAIRE UTILISABLE A L'EFFORT

I. — *Signification du rapport capacité vitale sur capacité pulmonaire utilisable à l'effort.*

Nous avons été amenés, avec le Professeur H.-R. Olivier, en reprenant le principe du « coefficient d'utilisation des possibilités anatomiques » de Goiffon, à rapporter la valeur de la capacité pulmonaire utilisable à l'effort à la capacité vitale, étant donné que la première est une fraction plus ou moins importante de la seconde. La capacité vitale est un volume maximum statique en puissance, la capacité pulmonaire utilisable à l'effort, selon Tiffeneau, un volume maximum pratiquement disponible. Le rapport C.V./C.P.U.E. exprime donc le coefficient d'utilisation maxima de la ventilation. Il permet d'éliminer, en grande partie, les facteurs personnels. Effectivement, comme nous le verrons plus loin, il se montre relativement peu variable chez les individus sains, de constitution générale différente. Toutefois, dans cet esprit, il est plus

logique d'étudier le rapport $\frac{\text{C.P.U.E.}}{\text{C.V.}}$ et de calculer le pourcentage d'utilisation de la capacité vitale. C'est d'ailleurs ce que propose Tiffeneau.

Or, la capacité pulmonaire utilisable à l'effort représente un débit et correspond à la vitesse maxima moyenne du courant aérien au cours de la première seconde de l'expiration, telle qu'elle est réalisée dans cette épreuve. Elle mesure donc les possibilités maxima dynamiques de l'expiration. Chez le sujet sain, les forces qui entrent en jeu durant la première seconde du mouvement effectué pour sa mesure, sont relativement simples, la forme de la courbe, très voisine d'une droite, le confirme et montre qu'il y a équilibre entre l'ensemble des forces de résistance du courant aérien et les forces alors utilisées par le moteur expiratoire (pression alvéolaire, résultant principalement de la tension des sacs et de l'action de la musculature diaphragmatique). A la fin de l'expiration forcée, le phénomène mécanique est beaucoup plus complexe; la résistance augmente par l'intervention bronchique, qui survient plus tôt dans le mouvement, chez l'asthmatique et l'emphysémateux. Alors n'existe plus de relation simple entre les forces en présence. C'est pourquoi le début de la courbe, réalisée au cours de l'épreuve de la capacité pulmonaire utilisable à l'effort, est-elle sa fraction la plus importante par son interprétation physiopathologique.

Le rapport C.V./C.P.U.E. représente schématiquement celui d'un volume sur un débit. Il correspond donc à une fréquence. Il exprime, selon nous, le rapport entre les possibilités maxima statiques et les possibilités maxima dynamiques et peut être considéré comme le coefficient dynamique maximum fonctionnel de la ventilation. Il dépend donc des valeurs du moteur expiratoire et de la résistance du circuit respiratoire.

D'après le Professeur H.-R. Olivier, et cette interprétation simplifiée semble logique et réelle, le facteur résistance est l'élément essentiel qui entre en ligne de compte, le plus généralement, dans la détermination de la valeur de ce rapport. La capacité vitale peut être, en effet, considérée comme le potentiel des capacités respiratoires, la capacité pulmonaire utilisable à l'effort étant un débit, donc une intensité, le rapport C.V./C.P.U.E. est une image assez fidèle de la résistance rencontrée par le courant aérien expiratoire.

En tout cas, si le rapport C.V./C.P.U.E. est élevé, la pression alvéolaire ne peut vaincre facilement la résistance du circuit respiratoire, malgré un réservoir gazeux susceptible de donner un meilleur rendement. Cette augmentation de la résistance est probablement due à l'insuffisance fonctionnelle de la musculature bronchique qui, dès le début du mouvement expiratoire, vient mettre un frein à ce dernier.

Si le rapport C.V./C.P.U.E. est petit, le rendement est excellent. La valeur de la ventilation dépendra alors de celle de la capacité vitale. Si celle-ci est effondrée, la cause doit en être un blocage, une insuffisance inspiratoire ou un trouble extrinsèque. Ce cas est exceptionnel.

Si le rapport C.V./C.P.U.E. est moyen, la valeur du rendement est bonne. Celle de la ventilation, comme dans le cas précédent, est liée au volume de la capacité vitale.

Ces interprétations, certes, ne sont pas encore mûres et de nombreuses recherches sont nécessaires pour montrer leur bien-fondé ou établir leur irréalisme physiopathologique. C'est pourquoi nous les présentons comme des hypothèses et non comme des principes.

Il est possible, par ailleurs, qu'il soit nécessaire d'apporter des modifications dans les facteurs utilisés et dans l'esprit même de la méthode. Nous pensons qu'il sera peut-être intéressant d'étudier plus particulièrement le début de la courbe expiratoire rectiligne puis sa partie terminale, ce qui permettrait d'opposer les deux temps de l'expiration et de comparer en quelque sorte l'action tensionnelle parenchymateuse à la réaction bronchique. Il sera peut-être utile d'étendre le problème à l'enregistrement de l'expiration normale, au repos, qui ne fait pas intervenir la volonté du sujet. Enfin, signalons que le rapport Capacité totale/C.P.U.E. a une signification physiopathologique beaucoup plus considérable que le rapport C.V./C.P.U.E.

II. — Résultats du calcul du rapport C.V./C.P.U.E.

Voici les résultats que nous avons obtenus :

TABLEAU XVIII

Valeurs du rapport C.V./C.P.U.E., chez les sujets normaux.

♂	Minimum	Moyenne	Maximum.	♀	Minimum	Moyenne	Maximum
6-9 ans	1,21	1,24	1,26		1,07	1,15	1,25
10-12 ans	1,15	1,25	1,32		1,15	1,22	1,27
13-15 ans	1,20	1,31	1,37		1,09	1,21	1,31
16-19 ans	1,20	1,28	1,37		1,23	1,235	1,25
20-24 ans	1,28	1,35	1,46		»	1,40	»
25-34 ans	1,35	1,39	1,42		1,11	1,36	1,41
♂ Tableau correspondant à 49 examens et à 43 sujets				♀ Tableau correspondant à 41 sujets et à 51 examens			

1° Le tableau XVIII donne les chiffres normaux du rapport C.V./C.P.U.E. selon les âges et les sexes avec les mesures minima, moyennes et maxima. Sont rentrés dans sa constitution tous les sujets normaux cliniquement et tous ceux, asthmatiques ou bronchiteux, dont le rapport C.V./C.P.U.E. au moment de l'examen, était inférieur à la plus forte valeur numérique trouvée pour un individu normal du même âge et du même sexe, dont la fonction respiratoire ne laissait aucun doute sur sa réelle valeur.

2° Le tableau XIX, conçu dans le même esprit que les tableaux que nous avons réalisés pour la capacité vitale, le rapport C.V./S.C. et la capacité pulmonaire utilisable à l'effort, exprime d'après nos résultats les valeurs certainement pathologiques, douteuses ou probablement normales du rapport C.V./C.P.U.E.

TABLEAU XIX

Signification clinique approximative des valeurs du rapport C.V./C.P.U.E.

	Valeurs normales	Valeurs en cm ³	Valeurs douteuses	Valeurs en cm ³	Valeurs certainement pathologiques	Valeurs normales	Valeurs en cm ³	Valeurs douteuses	Valeurs en cm ³	Valeurs certainement pathologiques
6-9 a.	<	1,275	<	<	1,35	<	1,25	<	<	1,325
10-12	—	1,325	—	—	1,40	—	1,275	—	—	1,35
13-15	—	1,375	—	—	1,45	—	1,30	—	—	1,40
16-19	—	1,425	—	—	1,55	—	1,35	—	—	1,45
20-24	—	1,475	—	—	1,60	—	1,40	—	—	1,50
25-34	—	1,50	—	—	1,65	—	1,425	—	—	1,55
	♂					+0				

Tableau donnant une signification clinique aux valeurs du rapport C.V./C.P.U.E. Les chiffres donnant la limite supérieure des valeurs normales ont été obtenus par nos mesures. Parmi les valeurs douteuses, d'après nos résultats, se rangent des cas correspondant à des sujets malades et à quelques individus semblant normaux. Dans la zone pathologique, aucun sujet sain ne s'y trouve inclus.

3° Le tableau XX donne les valeurs minima, moyennes et maxima du rapport C.V./C.P.U.E. chez les garçons et chez les filles, asthmatiques d'une part, bronchiteux d'autre part.

TABLEAU XX

*Valeurs du rapport C.V./C.P.U.E.,
chez les asthmatiques et les bronchiteux.*

♂	RAPPORT C.V./C.P.U.E.			RAPPORT C.V./C.P.U.E.		
	Minimum	Moyenne	Maximum	Minimum	Moyenne	Maximum
6-9 ans	1,23	1,61	2,15	1,21	1,28	1,34
10-12 ans	1,19	1,52	2,75	1,15	1,37	1,47
13-15 ans	1,34	1,59	2,12	1,34	1,46	1,60
16-19 ans	1,28	1,80	2,45	»	»	»
20-24 ans	1,46	1,56	1,68	»	»	»
25-34 ans	1,42	2,07	2,90	»	»	»
	<i>Asthme :</i> 73 sujets, 114 examens			<i>Bronchite chronique :</i> 17 sujets, 27 examens		
♀	Minimum	Moyenne	Maximum	Minimum	Moyenne	Maximum
6-9 ans	1,07	1,32	1,66	»	»	»
10-12 ans	1,23	1,50	1,76	1,15	1,22	1,33
13-15 ans	1,14	1,66	3,28	1,09	1,28	1,53
16-19 ans	1,27	1,50	1,76	1,24	1,52	1,78
20-24 ans	»	»	»	1,42	1,46	1,49
	<i>Asthme :</i> 36 sujets, 59 examens			<i>Bronchite chronique :</i> 14 sujets, 24 examens		

4° Le tableau XXI, enfin, exprime pour chaque affection le pourcentage, par rapport au nombre total des essais, de ceux certainement pathologiques, douteux ou probablement normaux tels que nous les avons définis.

TABLEAU XXI
Pourcentage des valeurs du rapport C.V./C.P.U.E.

		Valeurs certainement pathologiques en %	Valeurs douteuses en %	Valeurs probablement normales en %	Valeurs variables dans les mesures répétées en %
ASTHME	♂ 76 sujets.				
	113 examens.	67,3	9,7	23,0	38,7
	♀ 45 sujets.				
	79 examens.	65,8	15,2	19,0	47,1
TOTAL :					
	121 sujets.				
	192 examens.	66,6	12,1	21,3	42,4
EMPHYSÈME	13 sujets.				
	22 examens.	86,3	4,5	9,2	44,4
BRONCHITE	36 sujets.				
	61 examens.	36,2	16,3	47,5	17,4
DILATATION DES BRONCHES ...	8 sujets.				
	13 examens.	6 ex.	2 ex.	6 ex.	»

Ces résultats nous permettent de faire les remarques suivantes :

1° Chez les sujets normaux, les valeurs du rapport C.V./C.P.U.E. présentent des marges de variations très faibles (15 à 20 % environ), bien inférieure à celles des autres tests déjà étudiés. De ce fait, il est beaucoup plus facile d'interpréter les valeurs de ce rapport que celles de la capacité vitale et de la capacité pulmonaire utilisable à l'effort. Par ailleurs, chez un sujet sain, il est pratiquement stable. D'après nos mesures, il varie en effet très peu avec le sexe et l'âge. Il est légèrement plus élevé chez les garçons que chez les filles, chez l'homme que chez la femme. Il croît légèrement avec l'âge, passant de 1,25 en moyenne à 10 ans chez le garçon, à 1,40 chez l'homme de 30 ans, de 1,20 à 10 ans en moyenne chez la fillette, à 1,35 chez la femme de 30 ans. Il semble continuer à augmenter par la suite. L'ensemble de ces constatations est particulièrement significatif et explique pourquoi le rapport C.V./C.P.U.E. est doué d'une sensibilité et d'une valeur remarquables. Il est, en effet, d'interprétation facile puisqu'il dépend très peu des facteurs personnels.

Nous avons relevé chez les individus subjectivement et cliniquement sains, à capacité vitale et à capacité pulmonaire utilisable à l'effort normales, quelques valeurs douteuses du rapport C.V./C.P.U.E. qui doivent, à notre avis, être considérées comme

telles et non comme normales, à la suite de l'élévation des chiffres limites normaux du tableau XIX. En voici deux exemples :

— M. G., 28 ans (sportif, cliniquement normal).

C.V. 6,015 l. — C.P.U.E. 3,885 l. — C.V./C.P.U.E. : 1,54.

Il s'agit d'un gros fumeur.

— M. D., 31 ans (sujet normal).

C.V. 4,175 l. — C.P.U.E. 2,585 l. — C.V./C.P.U.E. : 1,61.

Egalement assez gros fumeur.

C'est ainsi que sur 37 sujets que nous avons considérés comme cliniquement normaux, 10 se sont montrés avec un rapport C.V./C.P.U.E. légèrement élevé, dans la zone douteuse. Nous avons pu, toutefois, toujours retenir une origine vraisemblable à ce fait : troubles pulmonaires caractérisés plus ou moins anciens, insuffisance glandulaire chez la femme avec obésité et chez les hommes... l'abus du tabac !

2° Chez les asthmatiques, le rapport C.V./C.P.U.E. est d'un grand intérêt.

En effet, les moyennes des valeurs de ce rapport chez ces malades dépassent largement la limite supérieure des valeurs normales et même des valeurs douteuses. De plus, alors que, la mesure de la capacité vitale ne nous avait permis de déceler que 22,5 % de sujets anormaux parmi les asthmatiques et la capacité pulmonaire utilisable à l'effort 40,6 %, le rapport C.V./C.P.U.E. détermine 66,6 % de cas pathologiques.

Parmi les seize asthmatiques que nous avons considérés comme pratiquement guéris, d'après leurs affirmations et les observations qui nous furent transmises, deux présentèrent une capacité vitale affaiblie (à la suite d'une affection pulmonaire intercurrente), six eurent une capacité pulmonaire utilisable à l'effort affaissée et sept un rapport C.V./C.P.U.E. anormal. Chez ces derniers nous avons toujours relevé une légère dyspnée d'effort subsistant en dehors de toute autre manifestation clinique ou fonctionnelle.

Parmi les malades sujets à des crises, mais n'en ayant pas eu depuis au moins quinze jours au moment de l'examen, 19 % eurent une capacité vitale anormale, 54,1 % une capacité pulmonaire utilisable à l'effort pathologique et 63,4 % un rapport C.V./C.P.U.E. largement élevé.

Enfin, parmi les 34 asthmatiques en état de crise, ou tout au moins en convalescence d'une crise récente, 67,6 % eurent un rapport C.V./C.P.U.E. nettement augmenté et 11,4 % un rapport normal.

En fait, la facile interprétation de ce rapport nous a permis de ne jamais relever un chiffre normal chez un individu manifestement en état de crise plus ou moins légère.

Ainsi, beaucoup plus souvent que la capacité vitale ou la capacité pulmonaire utilisable à l'effort, le rapport C.V./C.P.U.E., en valeur absolue, décèle les troubles et le terrain asthmatiques. Cela

tient à deux raisons. D'une part, la capacité pulmonaire utilisable à l'effort diminue relativement plus que la capacité vitale dans ce domaine, d'autre part, l'interprétation fonctionnelle du rapport est beaucoup plus facile et exacte que celle des deux épreuves qui constituent ses facteurs.

Certains malades toutefois, très rares, échappent à son champ d'action, alors que d'autres, peu nombreux également, paraissant complètement guéris cliniquement et subjectivement, ont encore des mesures nettement augmentées. Il est nécessaire de rechercher par des études ultérieures s'il est possible d'établir une classification physiopathologique parmi les asthmatiques grâce à la mesure de ce rapport ou s'il s'agit dans ces anomalies, ce qui est peu vraisemblable, d'une insuffisance de ce test.

Par contre, l'intérêt « quantitatif » de son évaluation dans les variations de l'état fonctionnel entre les périodes de crise et de repos, est moins évident que celui de la capacité pulmonaire utilisable à l'effort. En effet, voici quelques observations, déjà relevées, que nous citons à nouveau, en les complétant :

— M. P., 35 ans (état de mal asthmatique plus ou moins permanent).

Première exploration (période de calme) :

C.V. 2,685 l. — C.P.U.E. 1,185 l. — C.V./C.P.U.E. : 2,26.

Deuxième exploration (période de crise) :

C.V. 2,105 l. — C.P.U.E. 0,725 l. — C.V./C.P.U.E. : 2,90.

Diminution de 21,7 % pour la capacité vitale, de 38,7 % pour la capacité pulmonaire utilisable à l'effort et augmentation de 22,1 % du rapport C.V./C.P.U.E., à la suite de la crise.

— Georges C., 11 ans.

Première exploration (dernière crise terminée 10 jours avant) :

C.V. 0,965 l. — C.P.U.E. 0,590 l. — C.V./C.P.U.E. : 1,63.

Deuxième exploration (20 jours après la première exploration) :

C.V. 1,255 l. — C.P.U.E. 0,840 l. — C.V./C.P.U.E. : 1,51.

Diminution, consécutive à la crise, de 23,1 % de la capacité vitale, de 28,9 % pour la capacité pulmonaire utilisable à l'effort et augmentation de 7,3 % du rapport C.V./C.P.U.E.

— M. B., 40 ans.

Première exploration (état de crise, intriqué de bronchite) :

C.V. 2,510 l. — C.P.U.E. 1,205 l. — C.V./C.P.U.E. : 2,09.

Deuxième exploration (guérison clinique, 20 jours après) :

C.V. 3,190 l. — C.P.U.E. 1,700 l. — C.V./C.P.U.E. : 1,88.

Diminution, par la crise, de 21,2 % pour la capacité vitale, de 29,7 % pour la capacité pulmonaire utilisable à l'effort et augmentation de 10 % du rapport C.V./C.P.U.E.

— Roland K., 10 ans (état de mal asthmatique).

Première exploration :

C.V. 1,765 l. — C.P.U.E. 0,905 l. — C.V./C.P.U.E. : 1,95.

Deuxième exploration (intensité accentuée de la gêne respiratoire) :

C.V. 1,500 l. — C.P.U.E. 0,545 l. — C.V./C.P.U.E. : 2,75.

Diminution de 15 % de la capacité vitale, de 39,7 % de la capacité pulmonaire utilisable à l'effort et augmentation de 29,1 % du rapport

C.V./C.P.U.E., par suite de l'augmentation de l'intensité de l'état de mal asthmatique.

— Mme L., 38 ans (asthme intriqué de bronchite).

Première exploration (légère bronchite, avec dyspnée d'effort) :

C.V. 1,935 l. — C.P.U.E. 1,135 l. — C.V./C.P.U.E. : 1,70.

Deuxième exploration (15 jours plus tard; entre temps 2 ou 3 crises intenses, ayant duré chaque fois 24 heures) :

C.V. 1,555 l. — C.P.U.E. 0,600 l. — C.V./C.P.U.E. : 2,59.

Diminution de 19,6 % de la capacité vitale, de 47,1 % de la capacité pulmonaire utilisable à l'effort et augmentation de 34,2 % du rapport C.V./C.P.U.E., à la suite de la crise asthmatiforme.

Ainsi le rapport C.V./C.P.U.E., durant une crise ou une période consécutive à une crise d'asthme, varie, proportionnellement, moins que la capacité pulmonaire utilisable à l'effort et généralement plus que la capacité vitale. Le trouble physiopathologique de l'asthme retentit donc plus sur la dynamique que sur la statique respiratoire. Le débit expiratoire maximum est relativement plus diminué que la capacité vitale par suite de l'intervention rapide, dans le mécanisme de l'asthme, du facteur de résistance bronchique. L'affaissement de la capacité pulmonaire utilisable à l'effort semble donc alors surtout la conséquence de l'élévation de cette résistance plutôt que celle de l'abaissement du réservoir gazeux.

Voici enfin quelques variations provoquées, chez des asthmatiques par un simple catarrhe nasal ou bronchique, sans crise spasmodique vraie, sur les capacités vitales et pulmonaires utilisables à l'effort et sur le rapport C.V./C.P.U.E.

— Janine M., 11 ans.

Première exploration (dernière crise, 4 mois avant) :

C.V. 1,970 l. — C.P.U.E. 1,480 l. — C.V./C.P.U.E. : 1,33.

Deuxième exploration (au cours d'une rhino-pharyngite) :

C.V. 1,505 l. — C.P.U.E. 0,915 l. — C.V./C.P.U.E. : 1,64.

Diminution de 23,5 % de la capacité vitale, de 30,8 % de la capacité pulmonaire utilisable à l'effort et augmentation de 18,9 % du rapport C.V./C.P.U.E., à la suite de la rhino-pharyngite.

— Roger T., 13 ans.

Première exploration (aucun trouble pulmonaire depuis plus d'un an) :

C.V. 2,540 l. — C.P.U.E. 1,730 l. — C.V./C.P.U.E. : 1,46.

Deuxième exploration (rhino-pharyngite depuis 2 jours) :

C.V. 2,185 l. — C.P.U.E. 1,450 l. — C.V./C.P.U.E. : 1,50.

Diminution de 13,9 % de la capacité vitale, de 16,2 % de la capacité pulmonaire utilisable à l'effort et augmentation de 2,7 % du rapport C.V./C.P.U.E., à la suite de la rhino-pharyngite.

— Liliane H., 13 ans.

Première exploration (dernière crise, 3 mois avant, mais légère bronchite actuelle) :

C.V. 2,510 l. — C.P.U.E. 1,650 l. — C.V./C.P.U.E. : 1,52.

Deuxième exploration (8 jours après, guérison de la bronchite) :

C.V. 3,060 l. — C.P.U.E. 1,910 l. — C.V./C.P.U.E. : 1,60

Diminution, par la bronchite, de 16 % pour la capacité vitale et de 13,6 % pour la capacité pulmonaire utilisable à l'effort. Le rapport C.V./C.P.U.E. est amélioré, c'est-à-dire diminué de 5 %.

— Marie-Rose S., 11 ans.

Première exploration (dernière crise, 4 mois avant) :

C.V. 1,890 l. — C.P.U.E. 1,335 l. — C.V./C.P.U.E. : 1,41.

Deuxième exploration (forte toux depuis la veille) :

C.V. 1,500 l. — C.P.U.E. 0,850 l. — C.V./C.P.U.E. : 1,76.

Diminution de 20,6 % pour la capacité vitale, de 35,5 % pour la capacité pulmonaire utilisable à l'effort et augmentation de 19,8 % du rapport C.V./C.P.U.E., par la réaction catarrhale.

— François L., 12 ans.

Première exploration (dernière crise, 5 mois avant) :

C.V. 1,775 l. — C.P.U.E. 1,145 l. — C.V./C.P.U.E. : 1,55.

Deuxième exploration (coryza et légère bronchite) :

C.V. 1,630 l. — C.P.U.E. 0,670 l. — C.V./C.P.U.E. : 2,43.

Diminution de 8,3 % pour la capacité vitale et de 41,4 % pour la capacité pulmonaire utilisable à l'effort, augmentation de 36,7 % du rapport C.V./C.P.U.E., à la suite de la bronchite.

Les manifestations catarrhales des voies aériennes, chez les asthmatiques, semblent provoquer le plus généralement une diminution de la capacité vitale et de la capacité pulmonaire utilisable à l'effort, s'accompagnant d'une augmentation plus ou moins nette de la valeur du rapport C.V./C.P.U.E.

3° Voici maintenant quelques observations d'emphysémateux montrant l'élévation considérable de la valeur du rapport C.V./C.P.U.E. chez ces malades.

— M. S., 59 ans (emphysème, bronchite chronique) (observation Pr. H.-R. Olivier).

Première exploration (mars 1948) :

C.V. 2,875 l. — C.P.U.E. 1,090 l. — C.V./C.P.U.E. : 2,64.

Deuxième exploration (nette amélioration de la toux et de l'es-soufflement) :

C.V. 3,480 l. — C.P.U.E. 1,825 l. — C.V./C.P.U.E. : 1,90.

Augmentation de 17,4 % de la capacité vitale, de 44,6 % de la capacité pulmonaire utilisable à l'effort et diminution de 28 % du rapport C.V./C.P.U.E., à la suite de l'amélioration subjective et fonctionnelle.

— Mme D., 62 ans (emphysème, sclérose pulmonaire. Compensation cardiaque).

C.V. 1,060 l. — C.P.U.E. 0,345 l. — C.V./C.P.U.E. : 3,07.

— M. S., 60 ans (sclérose pulmonaire avec légère décompensation cardiaque, emphysème pulmonaire. Dyspnée même au repos).

Première exploration :

C.V. 2,530 l. — C.P.U.E. 0,420 l. — C.V./C.P.U.E. : 6,02.

Deuxième exploration (état fonctionnel subjectif assez stable, entre temps) :

C.V. 1,800 l. — C.P.U.E. 0,410 l. — C.V./C.P.U.E. : 4,39.

Diminution de 24,9 % de la capacité vitale; capacité pulmonaire utilisable à l'effort stationnaire. Diminution du rapport C.V./C.P.U.E. de 26,9 %, lors de la deuxième exploration.

Cette observation exceptionnelle, correspondant à un très grand malade, montre que parfois la capacité vitale peut être nettement diminuée sans réaction proportionnelle sur le débit respiratoire maximum.

— M. D., 43 ans (emphysème pulmonaire avec catarrhe bronchique).

Première exploration :

C.V. 2,300 l. — C.P.U.E. 0,880 l. — C.V./C.P.U.E. : 2,61.

Deuxième exploration (amélioration subjective fonctionnelle, 20 jours après) :

C.V. 3,090 l. — C.P.U.E. 1,115 l. — C.V./C.P.U.E. : 2,76.

Augmentation de 25,8 % de la capacité vitale et de 21 % de la capacité pulmonaire utilisable à l'effort. Augmentation (c'est-à-dire, aggravation) du rapport C.V./C.P.U.E. de 5,4 %.

Ces observations montrent combien sont différentes les réactions physiopathologiques des emphysémateux, correspondant à des améliorations fonctionnelles de leur ventilation pulmonaire. Il est probable qu'une étude plus poussée sur ce sujet permettra de comprendre le mécanisme de ces insuffisances respiratoires et peut-être d'en établir une classification.

4° Chez les bronchiteux chroniques le rapport C.V./C.P.U.E. nous a permis de déceler 36,2 % de sujets pathologiques au lieu de 14,5 % par la capacité vitale et de 22,1 % par la capacité pulmonaire utilisable à l'effort.

Chez les adénoïdiens, les rachitiques, les valeurs de ce rapport sont généralement augmentées.

Voici quelques observations relatives à des bronchiteux chroniques et à des dilatés bronchiques :

— M. R., 54 ans.

Première exploration (rhino-pharyngite, léger catarrhe bronchique) :

C.V. 3,215 l. — C.P.U.E. 2,165 l. — C.V./C.P.U.E. : 1,49.

Deuxième exploration (état normal, 19 jours après) :

C.V. 3,805 l. — C.P.U.E. 2,150 l. — C.V./C.P.U.E. : 1,67.

La guérison a amené une augmentation de 10,8 % de la capacité vitale; la capacité pulmonaire utilisable à l'effort est stationnaire; le rapport C.V./C.P.U.E. est augmenté, c'est-à-dire aggravé, de 10,9 %.

— Daniel B., 11 ans (quelques bronchites les hivers).

Première exploration :

C.V. 1,845 l. — C.P.U.E. 1,545 l. — C.V./C.P.U.E. : 1,19.

Deuxième exploration (coryza nasal) :

C.V. 1,910 l. — C.P.U.E. 1,650 l. — C.V./C.P.U.E. : 1,15.

Epreuves stationnaires.

- Suzanne B., 14 ans (bronchites nombreuses, légère dilatation des bronches probable).

Première exploration :

C.V. 2,255 l. — C.P.U.E. 1,760 l. — C.V./C.P.U.E. : 1,28.

Deuxième exploration (toux, expectoration abondante) :

C.V. 2,245 l. — C.P.U.E. 1,460 l. — C.V./C.P.U.E. : 1,53.

Capacité vitale stationnaire; capacité pulmonaire utilisable à l'effort diminuée de 17 %. Augmentation de 16,4 % du rapport C.V./C.P.U.E., à la suite de la réaction catarrhale.

- Bernadette B., 12 ans (quelques bronchites).

Première exploration :

C.V. 1,885 l. — C.P.U.E. 1,520 l. — C.V./C.P.U.E. : 1,24.

Deuxième exploration (coryza, toux) :

CV. 1,615 l. — C.P.U.E. 1,325 l. — C.V./C.P.U.E. : 1,21.

Diminution de 13,7 % de la capacité vitale et de 12,8 % de la capacité pulmonaire utilisable à l'effort, rapport C.V./C.P.U.E. stationnaire, à la suite du phénomène bronchique.

- M. R., 33 ans (dilatation des bronches).

Première exploration :

C.V. 2,165 l. — C.P.U.E. 1,605 l. — C.V./C.P.U.E. : 1,35.

Deuxième exploration (amélioration subjective) :

C.V. 2,640 l. — C.P.U.E. 1,555 l. — C.V./C.P.U.E. : 1,68.

Capacité vitale augmentée de 18 %, capacité pulmonaire utilisable à l'effort stationnaire, rapport C.V./C.P.U.E. augmenté de 19,6 %, parallèlement à l'amélioration fonctionnelle.

- Ginette P., 19 ans (dilatation des bronches).

Première exploration :

C.V. 1,905 l. — C.P.U.E. 1,080 l. — C.V./C.P.U.E. : 1,78.

Deuxième exploration (amélioration) :

C.V. 2,025 l. — C.P.U.E. 1,300 l. — C.V./C.P.U.E. : 1,55.

Augmentation de 6,1 % de la capacité vitale, de 16,9 % de la capacité pulmonaire utilisable à l'effort et diminution de 13,1 % du rapport CV./C.P.U.E., parallèlement à l'amélioration subjective.

Ainsi les résultats sont assez différents selon les sujets. Dans leur ensemble, les variations sont plus faibles chez ces malades que chez les asthmatiques au cours d'épisodes bronchiques analogues. Les réactions des épreuves fonctionnelles au cours d'un trouble aigu des voies aériennes chez les bronchiteux chroniques sont variables, touchant surtout, tantôt la capacité vitale, tantôt la capacité pulmonaire utilisable à l'effort. Il semble que lorsqu'une amélioration se manifeste par une augmentation de la capacité vitale et du rapport C.V./C.P.U.E., la capacité pulmonaire utilisable à l'effort restant stationnaire, une lésion anatomopathologique (sclérose) bloque l'élasticité bronchiolaire.

Le pronostic est meilleur lorsque les épreuves suivent des variations parallèles.

III. — Conclusion.

Le rapport C.V./C.P.U.E., qui est fonction de la valeur du moteur expiratoire et de la résistance du circuit respiratoire, est un test fonctionnel de la ventilation pulmonaire qui dépend très peu des facteurs personnels, possède des marges de variations faibles chez les sujets normaux, fort étendues chez les malades. L'interprétation de ses valeurs est relativement facile et il se présente comme une épreuve particulièrement sensible pour déceler certains troubles respiratoires.

Sa sensibilité est nettement évidente dans l'asthme et l'emphysème. La capacité pulmonaire utilisable à l'effort est en effet, dans les formes pures tout au moins, plus diminuée que la capacité vitale, dans ces affections. La réaction bronchiolaire à l'épreuve de l'expiration forcée entraîne alors une augmentation de la résistance du circuit respiratoire.

Le rapport C.V./C.P.U.E. permet ainsi, chez les asthmatiques et les emphysemateux, de déceler avec précision un trouble fonctionnel léger, voire latent et, sauf dans quelques cas, semble un test diagnostique d'une réelle valeur.

Chez les bronchiteux et les dilatés bronchiques, le rapport C.V./C.P.U.E. est de nature variable. Il semble toutefois que la statique et la dynamique respiratoires soient proportionnellement perturbées chez ces malades. L'étude du rapport C.V./C.P.U.E. peut avoir un intérêt physiopathologique et permettra peut-être dans l'avenir d'établir une classification fonctionnelle parmi ces sujets.

Les variations de la capacité pulmonaire utilisable à l'effort sont en fait, au cours d'une crise chez les asthmatiques, et plus généralement chez les malades atteints de spasme bronchique, plus importantes relativement que celles du rapport C.V./C.P.U.E. Ceci est mathématiquement concevable, puisque la capacité vitale elle-même subit une variation parallèle, mais plus faible le plus souvent.

Si donc le rapport C.V./C.P.U.E. permet d'étalonner avec plus de sûreté un sujet que la capacité pulmonaire utilisable à l'effort, par suite de la plus grande facilité de son interprétation, cette dernière épreuve reste cependant le test de choix dans l'étude des variations fonctionnelles de la ventilation pulmonaire. C'est pourquoi elle fut l'élément essentiel de nos recherches hydrologiques sur l'action des Eaux de La Bourboule et plus particulièrement du pouvoir bronchodilatateur de ces dernières.

VII

ETUDE DE L'ACTION DES AGENTS PHARMACODYNAMIQUES SUR LA VENTILATION PULMONAIRE

I. — *Position du problème.*

Villaret, Pasteur-Vallery-Radot, Justin Besançon et Claude (280) montrèrent que seul l'asthmatique réagissait, quelle que soit la forme clinique de son asthme, par des phénomènes respiratoires à type de spasme, à l'injection de certains esters de la choline, comme si les terminaisons nerveuses parasympathiques des bronches présentaient une susceptibilité qui fait défaut chez le sujet normal. Ils établirent également que l'animal sain chez lequel on a déterminé une altération expérimentale du poumon (chlore) réagissait, comme un asthmatique, à l'injection minime d'une substance vagomimétique, laissant indifférent un animal indemne.

A la suite de la mise au point de la technique des aérosols, R. Tiffeneau et ses élèves ont décrit une méthode dérivée de cette étude (148, 154 et 280), thèses de Bouchardon (284), Lesage (219) et Pinelli (176).

Villaret et ses collaborateurs considérèrent que le test de l'injection d'acétylcholine, en raison des phénomènes cardiovasculaires surajoutés, ne pouvait être conseillé en pratique courante. Par contre R. Tiffeneau constata chez le chien, puis chez l'homme, que la technique des inhalations était inoffensive, facilement gouver-

nable, très sensible. En effet, il montra, avec Mlle Beauvallet, que l'acétylcholine inhalée par la voie aérienne, sous forme d'aérosol, n'exerce qu'une action locale bronchoconstrictrice, car dès sa résorption, elle est détruite par désacétylation cholinestérasique, et on n'observe jamais d'effet cardiovasculaire en utilisant cette voie d'administration. Bien plus, si les réactions réalisées paraissent excessives, elles peuvent être enrayées par l'inhalation de quelques bouffées d'un aérosol doué de propriétés antagonistes directes (atropine) ou indirectes (adrénaline, aleudrine).

A la suite de ces expériences, R. Tiffeneau et ses élèves mirent au point une méthode de détermination de certaines insuffisances respiratoires que nous avons nous-mêmes expérimentée à La Bourboule. Après avoir décrit brièvement les principes directeurs de cette technique, nous développerons les résultats que nous avons obtenus.

II. — *Mise en évidence des insuffisances respiratoires inapparentes par les épreuves pharmacodynamiques de bronchoconstriction et de broncho-dilatation.*

1° Action de l'aérosol d'acétylcholine. Tiffeneau, en utilisant un aérosol obtenu, à partir d'une solution de chlorure d'acétylcholine à 1 %, au moyen d'un appareil débitant 20 litres à la minute, et fournissant un brouillard contenant 0,1 mg. de substance active par litre dont les éléments ont un diamètre de 1 à 4 μ , montra que l'aérosol d'acétylcholine provoque une diminution de la capacité vitale chez certains individus. Jamais on n'observe chez un sujet normal un phénomène comparable. Cette réaction est en fait positive dans des formes très diverses d'insuffisance respiratoire : asthme, emphysème, sclérose pulmonaire, tuberculose fibreuse, pneumoconiose. Elle peut être réalisée avec d'autres substances que l'acétylcholine, telles que l'histamine, le gaz sulfureux.

R. Tiffeneau pense que cet aérosol exerce une constriction bronchique aussi bien chez le sujet normal que chez ces insuffisants respiratoires. Mais chez le premier, ainsi qu'il l'a montré sur le chien, la constriction ne provoque une répercussion sur le transit gazeux que si elle dépasse un certain seuil, qui n'est pas atteint dans les conditions de l'expérience ⁽¹⁾. Par contre, lorsque le calibre bronchique est déjà réduit, la marge de sécurité du fonctionnement bronchique est vite dépassée et alors est provoquée une gêne respiratoire qui se traduit par la diminution de la capacité vitale.

(1) Il est nécessaire, de ce fait, d'opérer toujours dans les conditions bien définies par R. Tiffeneau, de façon à ne pas dépasser au cours de l'inhalation, le seuil correspondant aux sujets normaux, pour que les variations relevées chez les malades aient une signification physiopathologique.

Grâce à cette épreuve, on peut faire le diagnostic de l'insuffisance respiratoire fonctionnelle chez un sujet qui n'en présente pas les symptômes et juger si le traitement par les aérosols bronchodilatateurs a un effet bienfaisant.

2° Action des aérosols adrénaliniques. Dautrebande (*Presse médicale*, 1943, p. 322) montra que l'inhalation d'un aérosol adrénalinique provoquait une augmentation du volume respiratoire. R. Tiffeneau et Mlle Beauvallet constatèrent que la capacité pulmonaire vitale pouvait s'accroître chez certains insuffisants respiratoires par cet intermédiaire, tandis qu'elle demeurerait toujours inchangée chez le sujet normal. Ils ont utilisé dans leurs essais une solution d'adrénaline ou d'aleudrine à 1 %, transformée en aérosol dans des conditions analogues à celles citées pour l'acétylcholine et inhalée pendant une minute ⁽¹⁾. Chez certains sujets ils purent obtenir ainsi des augmentations de 0,500 l., 1 l., voire 1,500 l. de la capacité vitale. Dans ces cas, ils constatèrent parallèlement une amélioration subjective. Ils admirent que, chez les emphysémateux ou les asthmatiques, lorsque la capacité vitale n'est pas modifiée par l'épreuve bronchodilatatrice, l'insuffisance respiratoire doit être indélébile par fixation (sclérose). Ce test permet en somme d'apprécier le caractère réversible ou irréversible d'une insuffisance respiratoire et « d'affirmer que certaines dyspnées permanentes, que leur chronicité semble apparenter à une lésion organique indélébile, sont dues, en fait, à un processus anatomique réversible ». (Thèse de Lesage, 219.)

3° Action vasodilatatrice de l'aérosol d'acétylcholine et vasoconstrictrice de l'aérosol d'aleudrine. « La production de l'asthme expérimental peut être provoquée par des inhalations d'aérosols bronchoconstricteurs et vasodilatateurs (acétylcholine) ou seulement vasodilatateur (priscol); d'autre part, la crise d'asthme peut céder par l'inhalation d'aérosols bronchodilatateurs et vasoconstricteurs (adrénaline) ou seulement bronchodilatateurs (aleudrine) ou encore seulement vasoconstricteurs. En fait, les recherches ont montré que les processus bronchomoteurs jouent un rôle prépondérant. La production de la sécrétion bronchique est liée aux actions bronchoconstrictrices et non aux propriétés vasodilatatrices (absence d'effet sécrétoire des aérosols de priscol). La sécrétion serait favorisée par la bronchoconstriction et au contraire inhibée par la bronchodilatation. Elle demeurerait indépendante de la vasomotricité bronchique. » (Thèse de Bouchardon, 284.)

R. Tiffeneau, Tabart et Bouchardon (283) reprirent ce problème (283). « Les aérosols acétylcholiniques ont une action bronchosécrétrice et les aérosols adrénaliniques exercent un pouvoir

(1) A l'heure actuelle R. Tiffeneau, pour éviter quelques réactions cardiaques (palpitations) consécutives à cette inhalation, recommande d'utiliser l'aérosol d'aleudrine en solution à 0,5 %.

antisécréteur. Ces actions sont dues, non aux effets vasomoteurs, mais aux effets bronchomoteurs de ces agents qui provoquent des variations du calibre bronchique, modifiant les frictions du courant aérien sur l'épithélium. A cette dernière action répond, dans le cas de l'acétylcholine, une réaction sécrétrice provoquée secondairement par la bronchoconstriction. »

De l'ensemble de ces résultats, R. Tiffeneau (282) put en tirer une méthode d'étude physiopathologique de l'emphysème pulmonaire.

III. — *Résultats obtenus par l'étude de l'action de l'aérosol d'acétylcholine sur la ventilation pulmonaire au Centre d'Exploration fonctionnelle des Grands Thermes à La Bourboule.*

C'est dans l'esprit de la technique de R. Tiffeneau que nous avons complété nos explorations fonctionnelles aux Grands Thermes à La Bourboule par l'étude systématique, chez tous les sujets malades ou normaux, que nous eûmes à examiner, des variations de la capacité pulmonaire utilisable à l'effort consécutives à l'inhalation d'aérosol d'acétylcholine, pour nous permettre de déceler les petites insuffisances respiratoires, les insuffisances inapparentes. Nous n'avons pas effectué de mesures analogues après aérosol d'aleudrine, sur une aussi grande échelle, car celles-ci ont surtout un intérêt thérapeutique et pronostique chez les grands insuffisants respiratoires, d'après R. Tiffeneau. Nous y reviendrons plus loin.

Nous avons choisi comme test fonctionnel de comparaison la capacité pulmonaire utilisable à l'effort, car nous avons montré qu'à sa constance, sa facilité, son succès auprès des malades et sa simplicité, cette épreuve ajoute une sensibilité dans ses variations relatives à des phénomènes asthmatiformes et bronchoconstricteurs, sensibilité plus remarquable que celle de la capacité vitale. Nous avons déjà décrit la technique utilisée; voici donc les résultats que nous avons obtenus (1).

1° Sur 44 essais, correspondant à 34 sujets présumés normaux, examinés à La Bourboule ou au laboratoire du Professeur H.-R. Olivier, tous les résultats obtenus se montrèrent équivalents avant et après l'aérosol d'acétylcholine, sauf 1 douteux et 1 positif dont voici les observations correspondantes :

(1) Nous avons considéré qu'une différence, en pourcentage, entre les valeurs du test choisi avant et après aérosol d'acétylcholine, inférieure à 7,5, comme étant dans la limite des erreurs d'expérience et donc sans signification. Entre 7,5 % et 10 %, nous avons retenu les réactions comme douteuses, au-dessus de 10 % comme témoins d'un effet de l'aérosol sur la ventilation pulmonaire.

— Mme G., 25 ans (obèse, S.C. 1,77 m², 71 kilogs. Troubles hormonaux, dysménorrhées) :

C.V.	2,775 l.
C.P.U.E.	1,920 l.
C.P.U.E. (après acétylcholine)	1,765 l.
Différence %	+ 8,0.
C.V./C.P.U.E.	1,44

Réaction, à l'acétylcholine, douteuse. En somme, exploration fonctionnelle douteuse.

— M. R., 20 ans.

C.V.	4,095 l.
C.P.U.E.	3,200 l.
C.P.U.E. (après acétylcholine)	2,865 l.
Différence %	+ 10,5
C.V./C.P.U.E.	1,28

Les épreuves sont normales, sauf celle à l'acétylcholine. En fait, ce sujet souffre de coryza spasmodique saisonnier et cette affection semble devoir expliquer ce résultat et le faire étiqueter parmi les asthmatiques.

2° Sur 72 essais, correspondant à 45 sujets bronchiteux chroniques, rachitiques, adénoïdiens ou dilatés bronchiques, 3 seulement se présentèrent douteux, aucun positif. Voici les trois observations correspondantes :

— Monique D., 11 ans (bronchites nombreuses les hivers).

	PREMIÈRE EXPLORATION	DEUXIÈME EXPLORATION
C.V.	1,605 l.	1,460 l.
C.P.U.E.	1,300 l.	1,220 l.
C.P.U.E. (après acétylcholine) ..	1,260 l.	1,120 l.
Différence %	Insensible	+ 8,2
C.V./C.P.U.E.	1,23	1,19

La deuxième exploration survint au cours d'une légère bronchite qui se manifesta par une diminution de la capacité vitale et une réaction douteuse à l'acétylcholine.

— Suzy P., 15 ans (dilatation des bronches).

	PREMIÈRE EXPLORATION	DEUXIÈME EXPLORATION
C.V.	2,295 l.	2,225 l.
C.P.U.E.	1,805 l.	1,670 l.
C.P.U.E. (après acétylcholine) ..	1,720 l.	1,510 l.
Différence %	Insensible	+ 9,5
C.V./C.P.U.E.	1,27	1,33

La deuxième exploration fut effectuée au cours d'un catarrhe bronchique, avec expectoration matinale abondante qui se traduit fonctionnellement par une diminution de la capacité pulmonaire utilisable à l'effort, une augmentation du rapport C.V./C.P.U.E. et par une réaction douteuse à l'acétylcholine.

— Huguette T., 12 ans (dilatation des bronches).

C.V.	1,480 l.
C.P.U.E.	1,260 l.
C.P.U.E. (après acétylcholine)	1,145 l.
Différence %	+ 9,1

Ainsi donc, sur 114 examens, correspondant à 78 sujets indemnes de troubles asthmatiformes ou emphysemateux, 4 seulement se sont présentés comme douteux. Sur ces 4 cas, 2 correspondaient à des explorations effectuées au cours d'épisodes bronchiques aigus.

Nous pouvons donc conclure que cette épreuve, telle que nous l'avons définie, effectuée et interprétée, ne donne pratiquement pas de réaction positive et même douteuse chez les sujets normaux ou atteints d'affections catarrhales pures.

Remarquons toutefois que, parmi les examens correspondants, 65,2 % des capacités pulmonaires utilisables à l'effort se présentent légèrement diminuées après l'aérosol d'acétylcholine, 11,5 % stationnaires et 23,2 % quelque peu augmentées. Il semble donc bien, en général, que ce principe pharmacodynamique ait une légère action bronchoconstrictrice, même chez le sujet normal,

TABLEAU XXII
Pourcentage des valeurs du test à l'acétylcholine

		Valeurs certainement pathologiques en %	Valeurs douteuses en %	Valeurs normales en %	Valeurs variables dans le cas d'essais répétés en %
ASTHME	♂ 74 sujets.				
	110 examens.	47,9	9,8	42,3	45,0
	♀ 48 sujets.				
	84 examens.	45,1	6,8	48,1	41,2
	TOTAL :				
	122 sujets.				
	194 examens.	46,9	8,3	44,8	43,2
EMPHYSEME	13 sujets.				
	21 examens.	76,2	»	23,8	50,0
BRONCHITE ET DILATATION DES BRONCHES ...	72 sujets.				
	45 examens.	»	4,1	95,9	»

action qui ne retentit pas subjectivement, mais qui semble grossièrement décelable grâce à la sensibilité du test que nous avons employé.

3° Chez les asthmatiques et les emphysémateux, les résultats sont tout à fait différents de ceux obtenus chez les bronchiteux chroniques et les sujets sains. Le tableau XXII exprime, selon chaque affection, le pourcentage, par rapport au nombre total des essais, de ceux certainement pathologiques, douteux ou normaux, correspondant à des réactions positives, douteuses ou négatives.

L'ensemble de ces mesures nous a permis de tirer les remarques suivantes :

a) Le test à l'acétylcholine que nous avons utilisé a mis en lumière 46,9 % de sujets pathologiques parmi les asthmatiques, au lieu de 22,5 % par l'intermédiaire de la capacité vitale, de 40,6 % par celui de la capacité pulmonaire utilisable à l'effort et de 66,6 % par celui du rapport C.V./C.P.U.E. C'est donc une épreuve particulièrement sensible et utile pour déceler le terrain asthmatique, étant donné qu'elle est négative chez les sujets normaux ou bronchiteux chroniques. Nous avons obtenu des résultats positifs en dehors de tout épisode aigu pulmonaire chez des sujets semblant stabilisés ou dont toutes les autres épreuves étaient normales. Voici quelques exemples :

— Jean-Claude T., 9 ans (asthme allergique. Dernière crise : quelques mois avant l'examen).

C.V.	2,045 l.
C.P.U.E.	1,660 l.
C.V./C.P.U.E.	1,23
C.P.U.E. (après acétylcholine)	1,415 l.
Différence %	+ 14,7

Seul, de toutes les épreuves, le test à l'acétylcholine est anormal.

— Jean-François C., 12 ans (asthme consécutif à une coqueluche, crises surtout l'hiver, plus ou moins intriquées avec des rhumes. Dernière crise : 10 mois auparavant).

C.V.	2,615 l.
C.P.U.E.	2,205 l.
C.V./C.P.U.E.	1,19
C.P.U.E. (après acétylcholine)	1,965 l.
Différence %	+ 10,9

Conclusion identique.

— Mlle L., 15 ans (crises d'asthme consécutives à une broncho-pneumonie à l'âge de 6 ans. Etat catarrhal chronique. Depuis quelques temps, petites crises nocturnes, presque quotidiennes).

	PREMIÈRE EXPLORATION	DEUXIÈME EXPLORATION
C.V.	2,370 l.	2,845 l.
C.P.U.E.	1,765 l.	2,225 l.
C.P.U.E. (après acétylcholine) ..	1,310 l.	1,785 l.
Différence %	+ 25,7	+ 19,7
C.V./C.P.U.E.	1,34	1,27

Conclusion identique.

— Alain B., 14 ans (asthme dans l'enfance. Plus de crises depuis 2 ans).

C.V.	2,165 l.
C.P.U.E.	1,350 l.
C.P.U.E. (après acétylcholine)	0,990 l.
C.V./C.P.U.E.	1,60
Différence %	+ 26,6

— Jean G., 10 ans (asthme infantile consécutif à une coqueluche survenue à l'âge de 6 ans. Aucune crise depuis plus d'un an).

C.V.	2,040 l.
C.P.U.E.	1,410 l.
C.V./C.P.U.E.	1,44
C.P.U.E. (après acétylcholine)	1,050 l.
Différence %	+ 24,8

b) Toutefois, parmi les malades que nous eûmes à examiner, les résultats furent souvent variables et parfois indépendants de l'intensité des symptômes. Les réactions quelquefois furent nulles en présence de sujets particulièrement touchés. Voici quelques observations parmi d'autres :

— M. P., 35 ans, (état de mal asthmatique, plus ou moins permanent).

	PREMIÈRE EXPLORATION	DEUXIÈME EXPLORATION
C.V.	2,685 l.	2,105 l.
C.P.U.E.	1,185 l.	0,725 l.
C.P.U.E. (après acétylcholine) ..	1,185 l.	0,650 l.
C.V./C.P.U.E.	2,26	2,90
Différence %	nulle	+ 10,3

Nous reviendrons d'ailleurs plus loin sur l'observation de ce malade.

— Claude S., 15 ans (asthme infantile. Petite crise la veille).

C.V.	2,255 l.
C.P.U.E.	1,220 l.
C.V./C.P.U.E.	1,84
C.P.U.E. (après acétylcholine)	1,130 l.
Différence %	Insensible

Répétée le lendemain, cette dernière épreuve donna les résultats suivants chez ce petit malade :

C.P.U.E.	1,000 l.
C.P.U.E. (après acétylcholine)	0,790 l.
Différence %	+ 21

— André S., 12 ans (asthme infantile depuis le jeune âge, plus ou moins intriqué de bronchites. Dernière crise un mois avant l'examen).

	PREMIÈRE EXPLORATION	DEUXIÈME EXPLORATION
C.V.	3,065 l.	2,940 l.
C.P.U.E.	2,130 l.	2,150 l.
C.P.U.E. (après acétylcholine) ..	1,565 l.	2,060 l.
Différence %	+ 26,5	Insensible
C.V./C.P.U.E.	1,43	1,36

Cette variabilité du test à l'acétylcholine est due, le plus souvent, à l'instabilité remarquable des asthmatiques. Parfois on peut incriminer une thérapeutique personnelle, inavouée et intempestive des malades qui troublent momentanément leurs réactions locales bronchiques aux agents pharmacodynamiques témoins, par utilisation antérieure de principes antidotes.

En tout cas, on doit reconnaître que les phénomènes sont complexes et souvent intriqués. Si l'on doit admettre cette épreuve comme absolument pathognomonique des affections à type d'asthme, d'emphysème ou de sclérose, elle ne permet pas une conclusion ferme lorsque la réaction est négative.

Le plus généralement toutefois, la positivité du test accompagne la gravité des symptômes. Son amélioration correspond à un pronostic meilleur.

Nous fûmes obligés, sur un total de 194 examens sur des asthmatiques et de 21 sur des emphysemateux, d'arrêter l'inhalation de l'aérosol d'acétylcholine dans deux essais seulement, avant les 5 minutes fixées et de donner un aérosol d'aleudrine. Il s'agissait de deux grands malades, un emphysemateux et un petit asthmatique. Nous avons obtenu, chez d'autres, des réactions positives atteignant 30 %, voire 40 %, jusqu'à 45 %.

c) Enfin, et sur un tel terrain le paradoxe est monnaie courante et ne doit par effrayer l'expérimentateur, quelques sujets eurent des réactions inversées, en dehors de toute thérapeutique, semble-t-il. En voici un exemple :

— Monique C., 14 ans (asthme infantile. Crises assez fréquentes en toutes saisons, intriquées de bronchites. Dernier épisode 4 mois auparavant).

C.V.	2,530 l.
C.P.U.E.	1,755 l.
C.P.U.E. (après acétylcholine)	1,975 l.
C.V./C.P.U.E.	1,44

Différence %, correspondant à une augmentation de la C.P.U.E., après l'aérosol : 11,2.

Nous verrons plus loin une observation fort intéressante, montrant un autre cas d'amélioration subjective et effective de la ventilation pulmonaire après l'inhalation de l'aérosol d'acétylcholine.

4° Chez les emphysemateux, le test à l'acétylcholine est également une épreuve diagnostique de grande valeur puisqu'il est positif dans 76,2 % des cas, parmi nos malades.

IV. — Conclusion.

Le test pharmacodynamique de bronchoconstriction à l'aérosol d'acétylcholine à 1 % permet donc, en utilisant comme épreuve fonctionnelle témoin, la capacité pulmonaire utilisable à l'effort, de déterminer 50 % environ de sujets sensibles et anormaux parmi les

asthmatiques et plus de 75 % parmi les emphysémateux et les scléreux pulmonaires. Son domaine d'action est particulièrement celui des malades douteux, des petits insuffisants respiratoires. Toutefois, son interprétation doit être prudente dans les réactions négatives, étant donné les variations considérables de la susceptibilité du terrain vagosympathique bronchique chez ces sujets. Certes, une réponse positive est pathognomonique, mais une réponse négative ne permet de tirer aucune conclusion ferme. Car, si cette dernière réponse est la règle absolue chez les individus normaux ou atteints d'affections catarrhales pures, elle peut se présenter également chez des asthmatiques avérés.

Il sera d'ailleurs, dans l'avenir, intéressant de comparer l'action de l'aérosol acétylcholinique sur la capacité vitale, la capacité pulmonaire utilisable à l'effort et le rapport C.V./C.P.U.E. Le nombre restreint de nos expériences, à ce sujet, ne nous permet que d'émettre l'hypothèse d'une différenciation physiopathologique possible, grâce à cette étude. Il nous a été donné, en effet, d'obtenir parfois une réponse négative sur la capacité vitale et positive sur la capacité pulmonaire utilisable à l'effort. En tout cas, ces recherches permettraient de mieux comprendre le mécanisme et l'interprétation physiologiques des épreuves fonctionnelles que nous venons d'étudier.

Nous nous réservons d'ailleurs, plus loin, de compléter cette étude pharmacodynamique de la ventilation pulmonaire par un chapitre sur l'action des principes bronchodilatateurs et de l'Eau de La Bourboule, en particulier, sur l'épreuve de la capacité pulmonaire utilisable à l'effort.

VIII

CONCLUSION

La valeur de la capacité vitale, qui exprime le plus grand volume respiratoire statique, et les mesures des airs complémentaires, courant et de réserve, de la ventilation minute et des durées de l'inspiration et de l'expiration d'un mouvement respiratoire au repos, constituent un ensemble de tests permettant d'effectuer un premier triage parmi les sujets dont on explore la fonction ventilatrice pulmonaire.

La capacité pulmonaire utilisable à l'effort, qui juge des possibilités maxima dynamiques de la respiration, est une épreuve plus sensible que les précédentes et est susceptible, en particulier, de déceler, avec plus de finesse généralement que la capacité vitale, les petites modifications fonctionnelles survenues chez un même sujet.

Capacité vitale et capacité pulmonaire utilisable à l'effort sont sous l'étroite dépendance des facteurs anatomiques et physiologiques personnels qu'il est pratiquement impossible d'éliminer directement. Aussi sont-elles, dans leurs chiffres absolus, d'appréciation clinique assez délicate.

Le rapport C.V./C.P.U.E., qui exprime plus ou moins la résistance du circuit aérien respiratoire, est peu variable chez les sujets normaux de constitution différente, mais profondément perturbé chez les asthmatiques et les emphysémateux, tout particulièrement. C'est un test sensible de diagnostic des troubles fonctionnels de la ventilation chez ces malades, car il est d'interprétation plus facile et permet de comprendre plus exactement les valeurs absolues de la capacité pulmonaire utilisable à l'effort.

Enfin, l'épreuve pharmacodynamique à l'aérosol bronchoconstricteur d'acétylcholine fait apprécier la sensibilité locale du système vaguesympathique bronchique et constitue le dernier maillon de cette chaîne de tests que nous venons d'étudier et qui nous a permis d'établir une méthode sensible de la ventilation pulmonaire.

Quelques chiffres parleront mieux que tout autre discours :

TABLEAU XXIII

*Pourcentage des valeurs normales,
douteuses et pathologiques des différents tests étudiés, selon les affections.*

	PATHOLOGIQUES				DOUTEUSES				NORMALES			
	C.V.	C.P.U.E.	C.V. C.P.U.E.	Acéc.	C.V.	C.P.U.E.	C.V. C.P.U.E.	Acéc.	C.V.	C.P.U.E.	C.V. C.P.U.E.	Acéc.
Asthme ...	22,5	40,6	66,6	46,9	17,7	17,2	12,1	8,3	59,8	42,2	21,3	41,8
Emphysème	68,4	95,6	86,5	76,2	21,1	4,5	4,5	0	10,5	0	9,2	23,8
Bronchite	14,5	22,0	36,2	0	22,6	25,4	16,3	4,1	62,9	52,6	47,5	95,9

Voici le pourcentage, par rapport à l'ensemble de nos explorations, des tests pathologiques dans un même examen :

1° Chez les asthmatiques :

Tous les tests pathologiques dans le même essai	20 %
Aucun test pathologique dans le même essai	16 %
C.V., seul test pathologique	2 %
C.P.U.E., seul test pathologique dans le même essai	0,5 %
C.V./C.P.U.E., seul test pathologique dans le même essai	18 %
Epreuve à l'acétylcholine, seul test pathologique dans le même essai	10 %
C.V. et C.P.U.E., seuls tests pathologiques dans le même essai	1,5 %
C.P.U.E. et C.V./C.P.U.E. seuls tests pathologiques dans le même essai	5 %
C.V./C.P.U.E. et épreuve à l'acétylcholine, seuls tests pathologiques dans le même essai	15 %
C.V./C.P.U.E., C.P.U.E. et épreuve à l'acétylcholine, seuls tests pathologiques dans le même essai	10 %

C.V., C.P.U.E., et C.V./C.P.U.E., seuls tests pathologiques dans le même essai	2 %
--	-----

Signalons que 8 % des essais seulement se présentèrent absolument normaux, sans aucune épreuve douteuse ou pathologique. Chez ces malades, les tests les plus sensibles sont le rapport C.V./C.P.U.E., la capacité pulmonaire utilisable à l'effort et l'étude de l'action pharmacodynamique de l'aérosol d'acétylcholine.

2° Chez les sujets atteints de bronchite chronique et de dilatation des bronches :

Tous les tests pathologiques dans le même essai	0 %
Aucun test pathologique dans le même essai	57 %
C.V., seul test pathologique dans le même essai	5 %
C.P.U.E., seul test pathologique dans le même essai	2 %
C.V./C.P.U.E., seul test pathologique dans le même essai	9 %
C.V., C.P.U.E., seuls tests pathologiques dans le même essai	18 %
C.V., C.P.U.E. et C.V./C.P.U.E., seuls tests pathologiques dans le même essai	9 %

23 % des essais effectués furent absolument normaux, sans aucun test douteux ou pathologique. Chez ces malades, les épreuves les plus sensibles sont le rapport C.V./C.P.U.E., la capacité pulmonaire utilisable à l'effort et la capacité vitale.

3° Chez les sujets normaux ou présumés tels :

Tous les tests normaux	72,5 %
Un seul ou plusieurs tests anormaux ..	0 %
Au moins un test douteux, le plus souvent, C.V./C.P.U.E.	27,5 %

Ainsi sont mises en évidence la grande valeur de notre méthode d'étude de la ventilation pulmonaire et la nécessité d'employer toutes les épreuves, sans exception, pour resserrer au maximum les maillons du filet tendu pour le dépistage des insuffisances respiratoires.

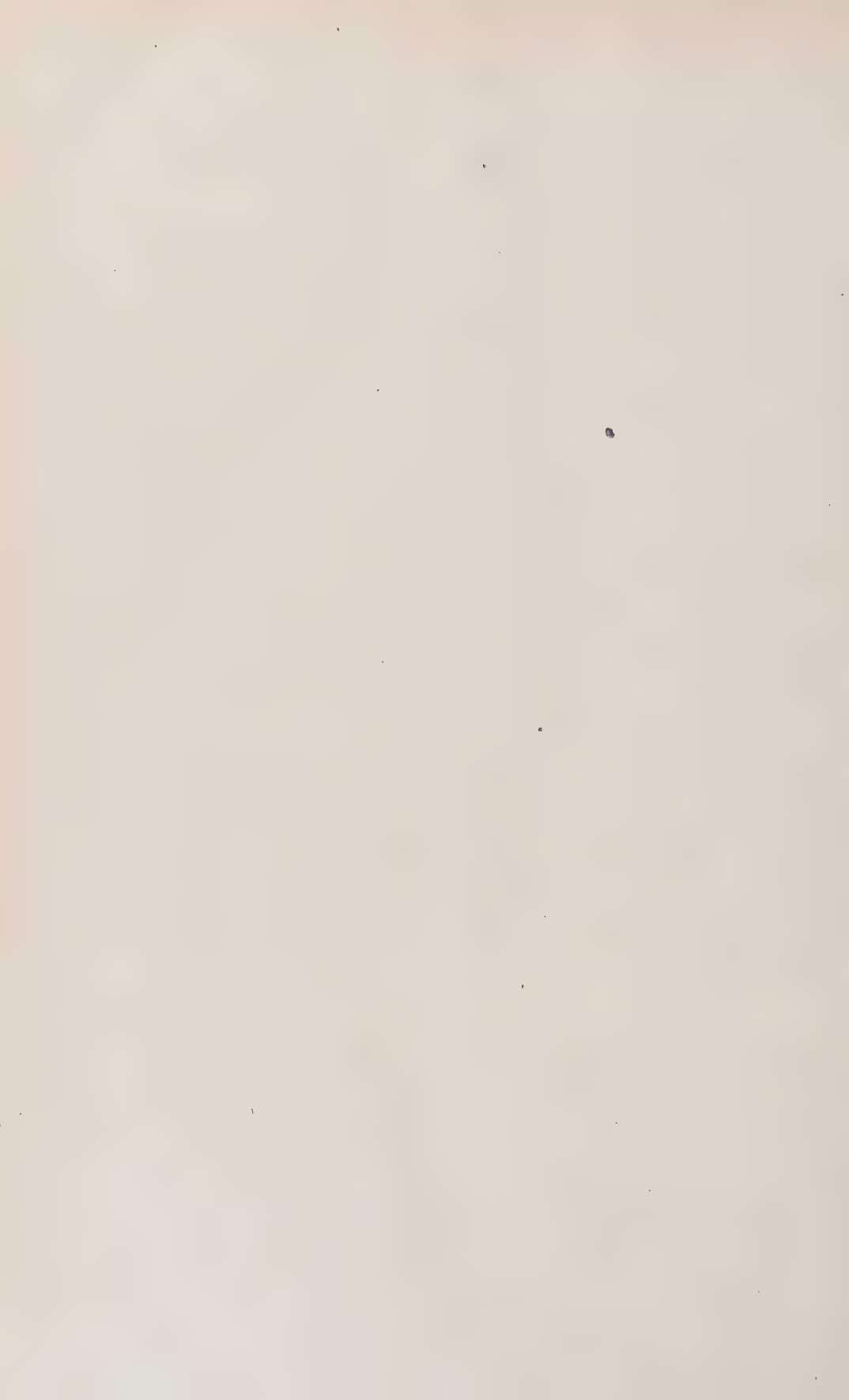
La capacité pulmonaire utilisable à l'effort nous a paru la plus sensible et la plus exacte pour étudier les variations fonctionnelles de la ventilation. C'est elle que nous avons pris comme test témoin lors de notre étude pharmacodynamique des Eaux de La Bourboule.

Il nous semble, par ailleurs, que l'ensemble de ces épreuves doit permettre d'établir une classification physioclinique des troubles fonctionnels que nous avons étudiés.

Nous pouvons déjà signaler dans l'asthme deux groupes distincts bien définis en dehors des états de crise. Le premier correspond aux formes cliniques des sujets atteints de catarrhe bronchique plus ou moins chronique, accompagné de dyspnée d'effort continuelle, avec épisodes aigus plus ou moins intenses provoquant des crises asthmatiformes. Il nous fut donné, à La Bourboule, grâce au concours du Docteur Chareire, de constituer un groupe de 16 malades adolescents et adultes répondant à ce type. L'exploration fonctionnelle de ces derniers, en dehors des épisodes aigus, est caractérisée par l'intensité relative de la perturbation des différentes épreuves : diminution de la capacité vitale, affaissement important de la capacité pulmonaire utilisable à l'effort, augmentation assez considérable du rapport C.V./C.P.U.E., réaction le plus souvent nette consécutive à l'inhalation de l'aérosol d'acétylcholine. Le deuxième correspondant au type des sujets atteints d'asthme dit allergique est caractérisé au contraire par des épreuves fonctionnelles normales en dehors des états de crise. Chez ces malades, il semble que l'épreuve la plus sensible soit la mesure de l'action de l'aérosol d'acétylcholine; toutefois, cette action est très souvent nulle. Les symptômes dyspnéiques, chez ces individus, doivent correspondre à un déséquilibre d'origine extra-pulmonaire.

Entre ces deux formes opposées existent, bien entendu, toute une gamme intermédiaire dont il sera intéressant dans l'avenir de préciser les caractéristiques.

Alors que nous avons ainsi achevé l'étude de la méthode d'exploration de la ventilation pulmonaire que nous avons utilisée aux Grands Thermes à La Bourboule, nous devons reconnaître que nous eûmes souvent des difficultés à rassembler des renseignements cliniques sur nos malades. Il est donc probable que nous dûmes, de ce fait, commettre quelques erreurs. Qu'il nous soit permis de remercier ici tout particulièrement les Docteurs Chareire, G. et J. Cany et Duliège qui nous ont procuré tous les détails dont nous eûmes besoin sur leurs malades et ont ainsi facilité grandement notre travail.



**ETUDE DE L'ACTION
DES EAUX DE LA BOURBOULE
SUR LA VENTILATION PULMONAIRE**

I

ACTION SUR LA VENTILATION PULMONAIRE DE LA CURE HYDROMINERALE D'EAU DE LA BOURBOULE

I. — *Position du problème.*

Après la mise au point de notre technique d'examen, nous avons essayé de montrer l'action bienfaisante de la cure d'Eau de La Bourboule sur la ventilation pulmonaire. Pour ce faire, nous avons effectué sur de nombreux sujets des explorations fonctionnelles avant et après le traitement hydrominéral. Par étude comparative des mesures des différents tests pratiqués, nous avons pu apprécier quantitativement chez chaque curiste les améliorations éventuelles.

Nous eûmes souvent des difficultés dans nos recherches, nous devons le reconnaître, car des conditions atmosphériques exceptionnellement déplorable ont provoqué chez de très nombreux malades, au cours de leur cure, des réactions rhinopharyngées de caractère contagieux, avec complications bronchiques. Or, nous avons montré que ces phénomènes provoquaient par eux-mêmes des modifications parfois fort importantes de la ventilation pulmonaire. Nous avons donc été obligés d'éliminer, parmi nos sujets, tous ceux ayant manifesté un tel épisode durant leur séjour à La Bourboule, ce qui a réduit d'autant notre statistique.

II. — Résultats obtenus par l'étude comparative des tests avant et après la cure thermique.

1° CHEZ LES SUJETS A FONCTION RESPIRATOIRE NORMALE.

Nous avons évidemment obtenu des résultats absolument comparables avant la cure et en fin de cure.

Voici, par exemple, quelques observations montrant le caractère stable de la ventilation pulmonaire chez les sujets correspondants :

— Gérard B., 9 ans (nombreuses bronchites dans l'enfance; rien à signaler l'hiver précédent) :

	PREMIÈRE EXPLORATION DÉBUT DE CURE	DEUXIÈME EXPLORATION FIN DE CURE
Air complémentaire	1,230 l. °	1,030 l.
Air courant	0,450 l.	0,575 l.
Air de réserve	0,600 l.	0,680 l.
C.V.	2,280 l.	2,285 l.
C.P.U.E.	1,765 l.	1,870 l.
C.P.U.E. (après acétylcholine) ..	1,745 l.	1,900 l.

— Annie B., 13 ans (primo-infection l'hiver précédent, décelée par virage de la cutiréaction) :

	PREMIÈRE EXPLORATION DÉBUT DE CURE	DEUXIÈME EXPLORATION FIN DE CURE
Air complémentaire	1,680 l.	1,700 l.
Air courant	0,410 l.	0,420 l.
Air de réserve	0,715 l.	0,780 l.
C.V.	2,795 l.	2,900 l.
C.P.U.E.	2,175 l.	2,195 l.
C.P.U.E. (après acétylcholine) ..	2,165 l.	2,205 l.

— Roland L., 14 ans (quelques rhino-pharyngites les hivers, angines [amygdalectomie]) :

	PREMIÈRE EXPLORATION DÉBUT DE CURE	DEUXIÈME EXPLORATION FIN DE CURE
Air complémentaire	1,335 l.	1,310 l.
Air courant	0,470 l.	0,470 l.
Air de réserve	0,840 l.	0,680 l.
C.V.	2,645 l.	2,460 l.
C.P.U.E.	1,965 l.	1,880 l.
C.P.U.E. (après acétylcholine)	1,930 l.	1,785 l.

Ces enfants étaient venus à La Bourboule en tant que sujets lymphatiques, débilités, ou relevant d'une thérapeutique oto-rhino-laryngologique.

2° DANS L'ASTHME.

a) Parmi 32 malades observés, n'ayant manifesté ni crise asthmatiforme, ni un quelconque trouble ayant pu retentir sur leur

ventilation pulmonaire pendant au moins les quinze jours ayant précédé le premier examen et durant leur séjour à La Bourboule, nous avons obtenu les résultats comparatifs suivants dans les explorations effectuées au début et à la fin de la cure thermale, sans tenir compte, pour simplifier cette statistique, des différentes pratiques de traitement utilisées⁽¹⁾ :

a) *Sur la capacité vitale :*

- 23 épreuves demeurèrent stationnaires, dont 2 restant nettement pathologiques;
- 9 épreuves furent améliorées.

b) *Sur la capacité pulmonaire utilisable à l'effort :*

- 18 épreuves demeurèrent stationnaires, dont 1 restant nettement pathologique et 2 douteuses;
- 11 épreuves furent améliorées;
- 3 épreuves furent aggravées.

c) *Sur le rapport C.V./C.P.U.E. :*

- 19 épreuves demeurèrent stationnaires, dont 3 restant pathologiques et 3 douteuses;
- 9 épreuves furent améliorées;
- 4 épreuves furent aggravées.

d) *Sur le test pharmacodynamique à l'acétylcholine :*

- 16 épreuves demeurèrent stationnaires, dont 3 restant pathologiques;
- 10 épreuves furent améliorées;
- 6 épreuves furent aggravées.

Il est difficile de juger avec précision et exactitude l'amélioration effective survenue chez les sujets atteints d'asthme, car ces derniers sont sensibles à de nombreux phénomènes extrinsèques et leurs troubles fonctionnels sont en rapport avec des facteurs extérieurs nombreux : pression atmosphérique, température, par exemple. Pour effectuer un travail complet, il serait nécessaire de répéter fréquemment les mesures pendant un espace de temps assez prolongé. Dans ces conditions, ce serait un manque d'honnêteté scientifique, si l'on tirait des conclusions précises sur les résultats particuliers.

Remarquons simplement que parmi les asthmatiques examinés, y compris ceux ayant une fonction normale, 30 % parmi leur ensemble, présentèrent à la fin de la cure une amélioration sensible de leur ventilation pulmonaire correspondant probablement à l'action thérapeutique de l'Eau de La Bourboule. Le nombre des malades ayant présenté une aggravation est relativement plus faible, puisque répondant à un pourcentage de 10 % en moyenne. Il nous semble

(1) Nous n'avons retenu que les variations d'une épreuve supérieures à 10 % pour déterminer les tests améliorés ou aggravés.

que l'Eau de Choussy-Perrière agit sur la mécanique respiratoire (épreuves de la capacité vitale et de la capacité pulmonaire utilisable à l'effort) plus que sur la sensibilité locale vagosympathique.

Il aurait été plus instructif d'opérer la deuxième exploration fonctionnelle quelques semaines après la fin du traitement bourboulien, pour juger l'action retardée, probablement plus nette. Les conditions pratiques ne nous le permirent pas.

Voici quelques exemples de sujets ayant présenté des améliorations fonctionnelles de la ventilation pulmonaire après leur cure thermique à La Bourboule :

- Jean G., 10 ans (Observation du docteur Martine Roche). Asthme essentiel consécutif à une coqueluche survenue à l'âge de 6 ans, deux cures antérieures à La Bourboule ayant amené une nette amélioration. Aucune affection respiratoire l'hiver précédent.

	PREMIÈRE EXPLORATION DÉBUT DE CURE	DEUXIÈME EXPLORATION FIN DE CURE
C.V.	2,040 l.	2,245 l.
C.P.U.E.	1,410 l.	1,490 l.
C.P.U.E. (après acétylcholine) ..	1,050 l.	1,380 l.

Augmentation de la C.V. de 10 % et diminution de la sensibilité bronchique vagosympathique.

- M. L., 19 ans (Observation des docteurs G. et J. Cany). Bronchites dans l'enfance. Rachitisme. Asthme depuis l'âge de 14 ans. Crises intriquées de bronchites. Deux cures antérieures à La Bourboule. Une seule crise l'hiver précédent. Rien à signaler depuis.

	PREMIÈRE EXPLORATION DÉBUT DE CURE	DEUXIÈME EXPLORATION FIN DE CURE
C.V.	3,735 l.	4,055 l.
C.P.U.E.	2,875 l.	3,150 l.
C.P.U.E. (après acétylcholine) ..	2,805 l.	3,200 l.

Augmentation de 8,5 % de la C.V. et de 9,2 % de la C.P.U.E.

- Suzanne D., 10 ans (Observation du docteur Houzelot-Micheletti, hôpital Guillaume Lacoste). Asthme infantile consécutif à une coqueluche survenue dans le jeune âge. Actuellement, bronchites les hivers, avec quelques poussées aiguës fébriles et quelques crises d'asthme peu intenses; amélioration par deux cures antérieures à La Bourboule.

	PREMIÈRE EXPLORATION DÉBUT DE CURE	DEUXIÈME EXPLORATION FIN DE CURE
C.V.	1,205 l.	1,220 l.
C.P.U.E.	0,790 l.	0,985 l.
C.P.U.E. (après acétylcholine) ..	0,780 l.	0,895 l.

Augmentation de 24,8 % de la C.P.U.E. Autres épreuves stationnaires.

— Odile C., 14 ans (Observation des docteurs G. et J. Cany). Asthme consécutif à une coqueluche survenue à 7 ans. Dernière crise à l'âge de 10 ans, puis reprise des phénomènes asthmatiques depuis un an : tous les mois, période de toux sèche, sans bronchite. Dyspnée d'effort.

	PREMIÈRE EXPLORATION DÉBUT DE CURE	DEUXIÈME EXPLORATION FIN DE CURE
C.V.	2,425 l.	3,030 l.
C.P.U.E.	1,345 l.	1,670 l.
C.P.U.E. (après acétylcholine) ..	0,945 l.	1,410 l.

Augmentation de 24,9 % de la C.V. et de 24,1 % de la C.P.U.E.
La diminution de la C.P.U.E., après aérosol d'acétylcholine, passe de 29,7 % à 15,5 %.

— Simone F., 12 ans (Observation du docteur Dubaud, hôpital Guillaume Lacoste). Asthme intriqué de bronchite depuis la première enfance. Dernière crise 4 mois auparavant, à laquelle a succédé une dyspnée d'effort subsistant à l'arrivée à La Bourboule.

	PREMIÈRE EXPLORATION DÉBUT DE CURE	DEUXIÈME EXPLORATION FIN DE CURE
C.V.	1,300 l.	1,785 l.
C.P.U.E.	0,755 l.	1,260 l.
C.P.U.E. (après acétylcholine) ..	0,555 l.	1,030 l.

Augmentation de 37,2 % de la C.V. et de 66,8 % de la C.P.U.E.
La diminution de la C.P.U.E., après aérosol d'acétylcholine, passe de 29,1 % à 18,2 %.

b) Parmi 28 sujets présentant un état de mal asthmatique, plus ou moins permanent à leur arrivée à La Bourboule, persistant depuis une période assez prolongée, les explorations début et fin de cure montrèrent les résultats suivants :

a) *Sur la capacité vitale :*

- 11 épreuves demeurèrent stationnaires, dont 5 restant nettement pathologiques et 2 douteuses;
- 11 épreuves furent améliorées;
- 6 épreuves furent aggravées.

b) *Sur la capacité pulmonaire utilisable à l'effort :*

- 7 épreuves demeurèrent stationnaires, dont 6 restant nettement pathologiques et 1 douteuse;
- 13 épreuves furent améliorées;
- 8 épreuves furent aggravées.

c) *Sur le rapport C.V./C.P.U.E. :*

- 9 épreuves demeurèrent stationnaires, dont 7 restant nettement pathologiques et 2 douteuses;

- 10 épreuves furent améliorées;
- 9 épreuves furent aggravées.

d) *Sur le test pharmacodynamique à l'acétylcholine :*

- 14 épreuves demeurèrent stationnaires, dont 7 restant pathologiques;
- 8 épreuves furent améliorées;
- 6 épreuves furent aggravées.

Malgré le fait que l'on puisse argumenter sur l'instabilité et la sensibilité considérables de ces malades pour refuser d'admettre un rapport entre l'ensemble des améliorations reconnues et l'action de l'Eau de La Bourboule, cette statistique qui n'a d'autre prétention que de donner une idée approximative, semble bien montrer que souvent la ventilation pulmonaire, dans l'asthme, est fonctionnellement meilleure après la cure bourboulienne comme le met en évidence le nombre des épreuves restant pathologiques et celui des épreuves améliorées. Les résultats ont d'ailleurs été particulièrement nets et significatifs dans les formes cliniques correspondant aux asthmes humides, intriqués de bronchite, chez les enfants aussi bien que chez les adultes, comme nous l'avons montré récemment avec le Docteur Chaireire (1).

3° DANS L'EMPHYSÈME ET LA SCLÉROSE BRONCHOPULMONAIRE.

Nous avons examiné 8 sujets atteints de ces affections au début et à la fin de leur cure bourboulienne. Voici les résultats que nous avons obtenus :

a) *Sur la capacité vitale :*

- 3 épreuves demeurèrent stationnaires et pathologiques;
- 4 épreuves furent améliorées;
- 1 épreuve fut aggravée.

b) *Sur la capacité pulmonaire utilisable à l'effort :*

- 4 épreuves demeurèrent stationnaires et pathologiques;
- 3 épreuves furent améliorées;
- 1 épreuve fut aggravée.

c) *Sur le rapport C.V./C.P.U.E. :*

- 3 épreuves demeurèrent stationnaires et pathologiques;
- 4 épreuves furent améliorées;
- 1 épreuve fut aggravée.

d) *Sur le test pharmacodynamique à l'acétylcholine :*

- 7 épreuves demeurèrent stationnaires, dont 6 pathologiques;
- 1 épreuve fut améliorée.

(1) CHAIREIRE et DRUTEL. *Communication à la Société d'Hydrologie et de Climatologie médicales de Paris. Séance du 12 mars 1949.*

Voici quelques observations de ces malades ayant présenté une amélioration fonctionnelle de la ventilation pulmonaire à la suite de la cure thermique à La Bourboule :

- M. D., 43 ans (Observation du docteur Chareire). Catarrhe bronchique chronique. Emphysème pulmonaire. Dyspnée d'effort importante.

	PREMIÈRE EXPLORATION DÉBUT DE CURE	DEUXIÈME EXPLORATION FIN DE CURE
C.V.	2,300 l.	3,090 l.
C.P.U.E.	0,880 l.	1,115 l.
C.V./C.P.U.E.	2,61	2,76
C.P.U.E. (après acétylcholine) ..	0,630 l.	0,635 l.

C.V. augmentée de 30 %, C.P.U.E. améliorée de 26 %. Rapport C.V./C.P.U.E. stationnaire. Sensibilité vagosympathique locale toujours très marquée.

- M. E., 59 ans (Observation du docteur Chareire). Emphysème pulmonaire assez accusé, accompagné de troubles catarrhaux fréquents. Dyspnée d'effort marquée.

	PREMIÈRE EXPLORATION DÉBUT DE CURE	DEUXIÈME EXPLORATION FIN DE CURE
C.V.	3,700 l.	3,945 l.
C.P.U.E.	1,660 l.	1,690 l.
C.V./C.P.U.E.	2,23	2,33
C.P.U.E. (après acétylcholine) ..	1,240 l.	1,490 l.

C.V. légèrement augmentée, C.P.U.E. et rapport C.V./C.P.U.E. stationnaires, sensibilité vagosympathique locale nettement diminuée.

- M. D., 53 ans (Observation du docteur Chareire). Bronchite et rhinopharyngite chroniques depuis 20 ans. Emphysème pulmonaire. Dyspnée d'effort importante.

	PREMIÈRE EXPLORATION DÉBUT DE CURE	DEUXIÈME EXPLORATION FIN DE CURE
C.V.	2,175 l.	2,180 l.
C.P.U.E.	1,440 l.	1,595 l.
C.V./C.P.U.E.	1,54	1,36
C.P.U.E. (après acétylcholine) ..	1,230 l.	1,365 l.

C.V. stationnaire, C.P.U.E. et rapport C.V./C.P.U.E. améliorés de 11 %. Sensibilité locale vagosympathique invariable.

Le nombre restreint de ces malades ne permet que de transcrire les observations et d'énoncer brièvement les résultats, sans en tirer de conclusions générales.

4° DANS LA BRONCHITE CHRONIQUE ET LA DILATATION DES BRONCHES.

Parmi 29 sujets examinés, nous avons obtenu les résultats comparatifs suivants, dans les explorations effectuées au début et à la fin de la cure thermique :

a) *Sur la capacité vitale :*

- 17 épreuves demeurèrent stationnaires, dont 2 restant nettement pathologiques;
- 8 épreuves furent améliorées;
- 4 épreuves furent aggravées.

b) *Sur la capacité pulmonaire utilisable à l'effort :*

- 15 épreuves demeurèrent stationnaires, dont 2 restant nettement pathologiques et 3 douteuses;
- 9 épreuves furent améliorées;
- 5 épreuves furent aggravées.

c) *Sur le rapport C.V./C.P.U.E. :*

- 16 épreuves demeurèrent stationnaires, dont 3 restant nettement pathologiques et 2 douteuses;
- 6 épreuves furent améliorées;
- 7 épreuves furent aggravées.

d) Le test pharmacodynamique à l'acétylcholine s'est toujours révélé, chez ces malades, négatif.

Voici quelques observations de ces sujets ayant présenté une amélioration fonctionnelle de la ventilation pulmonaire à la suite de la cure thermique bourboulienne :

— M. D., 33 ans (Observation du docteur Chaire). Dilatation des bronches, diagnostiquée par examen lipiodolique. Dyspnée d'effort. Expectoration matinale très importante. Rhino-pharyngite chronique. Sinusite. Première saison à La Bourboule.

	PREMIÈRE EXPLORATION DÉBUT DE CURE	DEUXIÈME EXPLORATION FIN DE CURE
C.V.	2,165 l.	2,640 l.
C.P.U.E.	1,605 l.	1,555 l.
C.V./C.P.U.E.	1,35	1,68

C.V. augmentée de 22 %, C.P.U.E. stationnaire, d'où rapport C.V./C.P.U.E. augmenté.

— André F., 10 ans (Observation du docteur Dubaud, hôpital Guillaume Lacoste). Enfant adénoïdien — ablation des végétations et des amyg-

dales, grattage des cornets — Aucun retentissement pulmonaire net, toutefois légère dyspnée d'effort.

	PREMIÈRE EXPLORATION DÉBUT DE CURE	DEUXIÈME EXPLORATION FIN DE CURE
C.V.	2,395 l.	2,490 l.
C.P.U.E.	1,630 l.	1,975 l.
C.V./C.P.U.E.	1,47	1,25

C.V. très légèrement augmentée, C.P.U.E. améliorée de 21 %, d'où diminution du rapport C.V./C.P.U.E.

— Mlle P., 19 ans (Observation des docteurs G. et J. Cany). Dilatation bronchique ancienne, consécutive à une coqueluche, diagnostiquée par examen lipiodolique. Nombreuses bronchites avec poussées aiguës et fièvre. Tous les matins expectoration abondante, dyspnée d'effort. Une cure précédente à La Bourboule ayant donné de bons résultats.

	PREMIÈRE EXPLORATION DÉBUT DE CURE	DEUXIÈME EXPLORATION FIN DE CURE
C.V.	1,905 l.	2,025 l.
C.P.U.E.	1,080 l.	1,300 l.
C.V./C.P.U.E.	1,78	1,55

C.V. légèrement augmentée, C.P.U.E. améliorée de 20 %, d'où diminution du rapport C.V./C.P.U.E.

— Monique D., 10 ans (Observation du docteur Mestries). Dilatation des bronches probable; crises asthmatiformes depuis l'âge de 2 ans. Fatigue générale. Dyspnée d'effort.

	PREMIÈRE EXPLORATION DÉBUT DE CURE	DEUXIÈME EXPLORATION FIN DE CURE
C.V.	0,920 l.	1,195 l.
C.P.U.E.	0,420 l.	0,545 l.
C.V./C.P.U.E.	2,19	2,19

Augmentation de la C.P.U.E. et de la C.V. de 30 %. Rapport C.V./C.P.U.E. stationnaire.

— Mme N., 53 ans (Observation du docteur Duliège). Bronchite chronique. Toux, les matins, avec expectoration séromuqueuse assez importante (bronchectasie). Dyspnée d'effort en rapport avec son obésité. Insuffisance hépatique. T.A. (Vaquez) 13-8,5.

	PREMIÈRE EXPLORATION DÉBUT DE CURE	DEUXIÈME EXPLORATION FIN DE CURE
C.V.	2,125 l.	2,255 l.
C.P.U.E.	1,240 l.	1,375 l.
C.V./C.P.U.E.	1,71	1,63

Légère augmentation de la C.V., amélioration de 11 % de la C.P.U.E. Petite diminution correspondante du rapport C.V./C.P.U.E. A la fin de la cure, état subjectif meilleur.

— Michel C., 8 ans (Observation du docteur Houzelot-Micheletti, hôpital Guillaume Lacoste). Rougeole en 1943. Depuis, bronchites à répétition chaque hiver avec toux violente et quinteuse, sans expectoration. Légère dyspnée d'effort. Thorax étroit, ganglions lymphatiques. Râles humides aux bases, hiles chargés.

	PREMIÈRE EXPLORATION DÉBUT DE CURE	DEUXIÈME EXPLORATION FIN DE CURE
C.V.	1,280 l.	1,405 l.
C.P.U.E.	0,970 l.	1,070 l.
C.V./C.P.U.E.	1,31	1,26

C.V. augmentée de 9,7 %, C.P.U.E. améliorée de 10 %. Rapport C.V./C.P.U.E. stationnaire.

De l'ensemble de ces observations, qui montrent le nombre relativement important des sujets améliorés, l'examen des résultats ne nous permet que de constater les variations approximatives de la capacité vitale et de la capacité pulmonaire utilisable à l'effort sans que l'on puisse déterminer d'une façon rigoureuse si l'une de ces épreuves est plus particulièrement sensible à l'action du traitement bourbouléen.

III. — Conclusion.

Sur les 97 curistes des Grands Thermes de La Bourboule atteints d'asthme, d'emphysème, de bronchite chronique ou de dilatation des bronches, que nous avons examinés avant et après leur cure thermale, nous avons pu, grâce à l'emploi de la méthode utilisée d'exploration fonctionnelle de la ventilation pulmonaire, mettre en évidence les bienfaits éventuels du traitement hydrominéral. Le travail réalisé, assez fragmentaire, certes, nous a permis de montrer l'action de l'Eau de La Bourboule, indiscutable chez des sujets dont le trouble fonctionnel est stabilisé et constant : sclérose bronchopulmonaire, dilatation des bronches, certains états de mal asthmatique.

Les recherches devront être, dans l'avenir, largement étendues pour préciser les résultats et pour définir les formes cliniques particulièrement sensibles. Nous avons déjà, dans cette première série d'étude, individualisé l'effet nettement favorable de la cure thermale bourbouléenne sur les asthmes infantiles et adultes, à forme humide, intriquée de manifestations catarrhales bronchiques. La dilatation des bronches, la bronchite chronique et l'emphysème nous ont donné des résultats certains mais qui devront être étudiés sur une plus grande échelle, pour en définir les caractéristiques.

Ainsi les examens fonctionnels répétés de la Ventilation pulmonaire permettent d'obtenir des enseignements utiles, par leur signification quantitative, sur l'effet bronchopulmonaire d'un quelconque médicament et d'un traitement hydrologique en particulier.

II

EFFET BRONCHODILATATEUR DE L'EAU DE LA BOURBOULE

I. — *Position du problème.*

Le dernier objet de notre travail fut de compléter les études antérieures, que nous avons déjà décrites, de Villaret, Justin-Besançon et Vexenat qui ont montré l'effet bronchodilatateur, sur les anneaux bronchiques isolés du porc, de l'Eau de Choussy-Perrière, et de Pierret et Burstein, qui ont établi qu'à son émergence celle-ci, injectée préventivement par voie intraveineuse, empêche le bronchospasme anaphylactique chez le chien et le bronchospasme par la carbamylcholine chez le cobaye. Comme l'a récemment proposé le Professeur Santenoise, nous avons « poursuivi sur l'homme, au griffon même des sources » ces premières recherches.

Pour montrer l'action bronchodilatatrice de l'Eau de La Bourboule sur les malades eux-mêmes, nous avons opposé chez certains sujets la mesure de la capacité pulmonaire utilisable à l'effort avant et après aérosol médicamenteux classique, puis avant et après aérosol d'Eau de La Bourboule.

Après la description d'un certain nombre d'observations, nous établirons la comparaison entre les effets immédiats obtenus par l'inhalation d'aérosols de principes thérapeutiques, tels l'aleudrine ou l'aminophylline d'une part, et d'Eau de Choussy-Perrière, d'autre part.

Nous terminerons en opposant les actions des différentes pratiques thermales employées à La Bourboule dans le traitement des affections bronchopulmonaires.

II. — *Action immédiate sur la capacité pulmonaire utilisable à l'effort de l'Eau de La Bourboule chez les sujets normaux ou atteints de bronchite chronique.*

Voici tout d'abord quelques observations :

— M. D., 30 ans, sujet normal.

C.V.	4,175 l.
C.P.U.E.	2,625 l.
C.P.U.E. (après aérosol d'acétylcholine)	2,600 l.
C.P.U.E. (après 10' aérosol d'Eau de La Bourboule).	2,585 l.

— M. R., 23 ans, sujet normal.

C.V.	4,770 l.
C.P.U.E.	3,320 l.
C.P.U.E. (après aérosol d'acétylcholine)	3,390 l.
C.P.U.E. (après 1' aérosol d'aleudrine à 0,50 %).	3,350 l.

— Francine L., 14 ans (Observation des docteurs G. et J. Cany). Bronchite chronique depuis l'âge de 6 ans. Toux continuelle. Expectoration moyenne. Dilatation des bronches légère, possible.

PREMIERE EXPLORATION

C.V.	2,405 l.
C.P.U.E.	2,080 l.
C.P.U.E. (après aérosol d'acétylcholine)	2,060 l.

DEUXIEME EXPLORATION, 24 HEURES APRES

C.P.U.E.	1,995 l.
C.P.U.E. (après 20' aérosol d'Eau de La Bourboule).	2,000 l.

TROISIEME EXPLORATION, 48 HEURES APRES

C.P.U.E.	2,000 l.
C.P.U.E. (après 1' d'aérosol d'aleudrine à 0,5 %).	2,045 l.
C.P.U.E. (3/4 d'heure après cet aérosol)	2,000 l.

QUATRIEME EXPLORATION, 3 JOURS APRES

C.P.U.E.	1,910 l.
C.P.U.E. (après 20' d'inhalation d'Eau de La Bourboule).	1,870 l.

— M. D., 33 ans (Observation des docteurs G. et J. Cany, déjà citée). Dilatation des bronches.

C.V.	2,165 l.
C.P.U.E.	1,605 l.
C.P.U.E. (après aérosol d'acétylcholine)	1,605 l.
C.P.U.E. (après 20' d'aérosol d'Eau de La Bourboule).	1,555 l.

— Paulette C., 8 ans (Observation du docteur Dubaud, hôpital Guillaume Lacoste). Quelques crises asthmatiformes dans le premier âge. Actuellement toux fréquente. Dilatation des bronches, possible.

C.V.	1,255 l.
C.P.U.E.	1,165 l.
C.P.U.E. (après aérosol d'acétylcholine)	1,090 l.
C.P.U.E. (après 20' d'aérosol d'Eau de La Bourboule).	1,155 l.

— Jean-Daniel F., 13 ans (Observation du docteur Dubaud, hôpital Guillaume Lacoste). Crises d'asthme dans le jeune âge, la dernière ayant eu lieu en 1946. Quelques bronchites. Plus de crise dyspnéique. Micropolyadénopathie du cou.

C.V.	2,710 l.
C.P.U.E.	1,995 l.
C.P.U.E. (après 20' d'aérosol d'Eau de La Bourboule)	1,930 l.
C.P.U.E. (après aérosol d'acétylcholine)	1,900 l.

Ainsi chez les sujets dont l'Exploration fonctionnelle de la Ventilation pulmonaire n'a révélé aucun trouble à type de bronchospasme, ni aucune sensibilité marquée du système vagosympathique local, les épreuves de la capacité pulmonaire utilisable à l'effort furent identiques avant et après les aérosols d'acétylcholine, comme avant et après les aérosols d'Eau de La Bourboule ou d'aleudrine. Ce fait n'est évidemment pas anormal et sert de témoin pour donner une valeur réelle et plus sûre aux résultats positifs rencontrés sur un autre terrain.

Dans ces observations, nous n'avons pas établi la mesure comparée avant et après aérosol d'eau distillée, puisque les résultats étaient identiques avant et après les aérosols thérapeutiques.

III. — *Action immédiate des aérosols d'Eau de La Bourboule et des médicaments broncho-dilatateurs sur la capacité pulmonaire utilisable à l'effort, chez les sujets présentant une sensibilité marquée du système vagosympathique bronchique.*

1° Voici tout d'abord quelques observations montrant l'effet bronchodilatateur, mesuré par la capacité pulmonaire utilisable à l'effort, de quelques principes thérapeutiques administrés sous forme d'aérosol :

Observation n° 1 :

— Mauricette B., 11 ans, (Docteurs G. et J. Cany): Mal de Pott à l'âge de 3 ans, cuti réaction positive. Crises asthmatiformes depuis l'âge

de 2 ans et demi, à la suite d'une bronchite. Actuellement, 3 ou 4 crises par an, au cours d'un rhume. Dernière crise 1 mois avant l'examen. Dilatation des bronches probable au niveau du lobe inférieur droit.

C.V.	1,075 l.
C.P.U.E.	0,660 l.
C.P.U.E. (après aérosol acétylcholinique)	0,590 l.

Puis, quelques jours plus tard :

C.P.U.E.	0,660 l.
C.P.U.E. (après 5' d'aérosol de sérum de Heckel, 1 ampoule diluée de moitié dans l'eau dis- tillée)	0,615 l.
C.P.U.E. (3/4 d'heure après l'aérosol)	0,765 l.

Diminution de 11 % de la C.P.U.E. par l'aérosol d'acétylcholine. Action retardée du sérum de Heckel; amélioration de la C.P.U.E. de 16 %, 3/4 d'heure après l'aérosol.

Observation n° 2 :

— Alain P., 5 ans (Docteur Chazcaud). Asthme infantile, consécutif à une coqueluche, intriqué de rhino-pharyngites. Etat de crise dyspnéique assez marqué au moment de l'examen.

C.V.	1,070 l.
C.P.U.E.	0,640 l.
C.P.U.E. (après aérosol acétylcholinique)	0,540 l.
C.P.U.E. (après aérosol d'aminophylline, une am- poule de 0,10 g. dans 10 cc. diluée à 10 % dans l'eau distillée, pendant 5 minutes)....	0,840 l.

Diminution de 16 % de la C.P.U.E. par l'aérosol acétylcholinique et augmentation de 33 % par l'aérosol d'aminophylline.

Observation n° 3 :

— Jean P., 9 ans (Docteurs G. et J. Cany). Etat de mal asthmatique, plus ou moins permanent depuis l'âge de 1 an, consécutif à des crises convulsives. Coqueluche 6 mois avant l'examen, ayant laissé des séquelles (quintes avec rappel, râles bronchiques...). Dyspnée plus ou moins continuelle.

C.V.	0,805 l.
C.P.U.E.	0,525 l.
C.P.U.E. (après aérosol acétylcholinique)	0,470 l.

Voici, selon la nature des traitements, en se rapportant à la valeur de la mesure de la capacité pulmonaire utilisable à l'effort

effectuée avant chacun d'eux, les pourcentages de l'amélioration consécutive à l'inhalation de l'aérosol médicamenteux :

NATURE DES TRAITEMENTS	POURCENTAGE DE L'AMÉLIORATION		
	Aussitôt après	1/2 h. après	1 h. après
1° C.P.U.E. 0,505 l.			
5' d'aérosol de théophyllinate de procaïne (ampoule pour injection intraveineuse)	0 %	16 %	—
2° C.P.U.E. 0,400 l.			
5' d'aérosol de théophyllinate de procaïne (ampoule pour injection intraveineuse)	26 %	—	31 %
3° C.P.U.E. 0,285 l.			
5' d'aérosol de théophyllinate de procaïne, puis 20' d'aérosol d'Eau de La Bourboule diluée au 1/10 avec une ampoule de sérum de Heckel	21 %	—	11 %
4° C.P.U.E. 0,390 l.			
(Traitement idem)	35 %	—	—
5° C.P.U.E. 0,525 l.			
(1 minute d'aérosol d'aleudrine, solution à 0,5 %)	24 %	—	20 %

Manque dans cette observation l'examen après aérosol d'eau distillée. Cependant, il est permis d'apprécier l'action pharmacodynamique comparée des différents principes étudiés.

Observation n° 4 :

— Michel S., 9 ans (Docteurs G. et J. Cany). Eczéma des nourrissons. Puis première crise d'asthme à l'âge de 3 ans. Coqueluche à 7 ans, ayant provoqué par la suite une accentuation des crises. Consécutivement à une imprudence alimentaire (ingestion d'œufs durs à la crème) crise très sévère à laquelle succéda un état de mal asthmatique au moment de l'arrivée à La Bourboule. En fin de saison l'état général étant amélioré et l'état de mal asthmatique nettement atténué, il fut décidé de prolonger la cure d'air pendant tout l'hiver à La Bourboule.

C.V.	1,565 l.
C.P.U.E.	0,735 l.
C.P.U.E. (après aérosol acétylcholinique)	0,800 l.

NATURE DES TRAITEMENTS	POURCENTAGE DE L'AMÉLIORATION		
	Aussitôt après	1/2 h. après	1 h. après
1° C.P.U.E. 0,495 l. Aérosol de théophyllinate de procaïne, 3 minutes.	0 %	8 %	0 %
2° C.P.U.E. 0,460 l. Aérosol d'acétylcholine : dysp- née intense immédiate.			
3° C.P.U.E. 0,840 l. Aérosol d'Eau de La Bourboule, 20 minutes	12,5 %	—	0 %
4° C.P.U.E. 0,790 l. Aérosol d'Eau de La Bourboule, 20 minutes	0 %	—	14 %
5° C.P.U.E. 0,500 l. Aérosol d'eau distillée	10 %	—	0 %
6° C.P.U.E. 0,505 l. Aérosol d'Eau de La Bourboule.	13 %	20 %	18 %
7° C.P.U.E. 0,830 l. Aérosol d'aleudrine à 0,5 % pen- dant une minute			
C.P.U.E. immédiatement après	+ 27 %		
— 10 minutes après.....	+ 39 %		
— 20 minutes après.....	+ 42 %		
— 30 minutes après.....	+ 45 %		
— 45 minutes après.....	+ 39 %		
— 1 heure après.....	+ 35 %		
— 1 h. 30 après.....	+ 26 %		

Quelques faits ressortent à la lumière de ces observations.

L'effet bronchodilatateur des principes étudiés : théophylline, sérum de Heckel et surtout aleudrine, est nettement perceptible grâce à la mesure systématique de la capacité pulmonaire utilisable à l'effort. Nous n'avons malheureusement pas dosé, faute de temps, cette action avec précision, puisque manque le plus souvent l'examen témoin après aérosol d'eau distillée.

Il nous semble *a priori* nécessaire de situer l'état de broncho-spasme, variable le plus souvent dans le temps chez nos sujets,

antérieur à l'inhalation de l'aérosol, en indiquant quelle est, avant chaque pratique thérapeutique, la valeur de la capacité pulmonaire utilisable à l'effort. Nous n'avons pu établir toutefois, comme nous l'espérons, un rapport quelconque entre l'intensité de ce bronchospasme et celle de l'action du principe actif. Il nous paraît probable, toutefois, qu'il doive exister une valeur optima de la capacité pulmonaire utilisable à l'effort pour laquelle l'effet bronchodilatateur est lui-même maximum, pour un malade donné.

Enfin, l'étude systématique de l'action de l'aleudrine que nous avons effectuée sur le quatrième sujet montre qu'il est indispensable, pour préciser le pouvoir pharmacodynamique d'un principe bronchodilatateur, d'opérer des mesures répétées dans l'espace de temps consécutif à l'administration de ce dernier. Il est probable que le plus souvent l'effet est maximum une demi-heure après la cessation du traitement dans les conditions d'expérience.

Ceci tend à expliquer, peut-être, le fait que dans nos examens opérés chez des asthmatiques de nombreux tests à l'acétylcholine se soient révélés négatifs, leur mesure ayant été effectuée immédiatement après l'aérosol.

2° Voici maintenant quelques observations qui mettent en évidence le pouvoir bronchodilatateur de l'Eau de La Bourboule elle-même, administrée par voie d'aérosol. Les observations n° 3 et n° 4 permettent déjà d'ailleurs d'affirmer ce phénomène.

Dans une première série d'épreuves, nous avons opéré quelques mesures grossières que nous n'avons pas systématiquement répétées, pour nous permettre tout d'abord d'acquérir une idée générale. Sur 10 malades examinés, dont 7 sensibles à l'aérosol d'acétylcholine, 5 eurent des mesures de la capacité pulmonaire utilisable à l'effort améliorées après l'aérosol d'Eau de La Bourboule. Ces essais semblant concluants, nous avons alors approfondi le problème.

Observation n° 5 :

— Roland K., 10 ans (Docteurs G. et J. Cany). Asthme infantile depuis l'âge de 2 ans, une dizaine de crises chaque année. Quelques bronchites favorisant l'apparition des crises. Deux cures antérieures à La Bourboule, la première amena une amélioration sensible, l'hiver suivant. Intrication probable de crises asthmatiques et de poussées aiguës fébriles d'ectasies bronchiques. A l'arrivée à La Bourboule, état de mal permanent. Petites crises tous les soirs durant la première partie de la nuit. Dyspnée d'effort.

Premier examen fonctionnel pulmonaire, le neuvième jour de la cure.

C.V.	1,765 l.
C.P.U.E.	0,905 l.
C.P.U.E. (après aérosol d'acétylcholine)	0,870 l.

NATURE DES TRAITEMENTS		POURCENTAGE DE L'AMÉLIORATION		
		Aussitôt après	1/2 h. après	1 h. après
1° C.P.U.E.	0,905 l.			
15 minutes d'aérosol d'Eau de La Bour- boule		0 %	—	—
2° C.P.U.E.	0,450 l.			
15 minutes d'aérosol d'Eau de La Bour- boule		15 %	—	12 %
3° C.P.U.E.	0,610 l.			
1 minute d'aérosol d'aleudrine à 0,5 %.		16 %	—	5 %
4° C.P.U.E.	0,335 l.			
8 minutes d'aérosol de théophyllinate de procaine		44 %	—	29 %
5° C.P.U.E.	0,295 l.			
15 minutes d'aérosol d'Eau de La Bour- boule		11 %	—	—
6° C.P.U.E.	0,755 l.			
15 minutes d'aérosol d'Eau de La Bour- boule		0 %	—	14 %
7° C.P.U.E.	0,760 l.			
8 minutes d'aérosol de théophyllinate de procaine		0 %	—	0 %
8° C.P.U.E.	0,650 l.			
8 minutes d'aérosol d'Eau de La Bour- boule		0 %	—	26 %
9° C.P.U.E.	0,820 l.			
5 minutes d'aérosol de sérum de Hec- kel : (1 ampoule pour adulte diluée dans 20 cc. d'eau distillée)		6 %	—	—
10° C.P.U.E.	0,545 l.			
15 minutes d'aérosol d'eau distillée ...		0 %	—	0 %

Observation n° 6 :

— M. B., 66 ans (Docteur L. Duliège). Sujet obèse, 107 kilogs, gros mangeur. Antécédents personnels normaux. Toutefois bronchite il y a une dizaine d'années, passée peu à peu à la chronicité, avec manifestations dyspnéiques qui vont en s'accroissant à chaque période aiguë. Emphysème probable. Cœur normal T.A. (Vaquez) 15-9.

Premier examen fonctionnel pulmonaire, le premier jour de la cure.

C.V.	2,600 l.
C.P.U.E.	1,280 l.
C.P.U.E. (après aérosol d'acétylcholine)	1,070 l.

Deuxième exploration :

C.P.U.E.	1,240 l.
C.P.U.E. (après 20' d'aérosol d'Eau de La Bourboule, aucune augmentation)	1,220 l.
C.P.U.E. (1/2 heure après cet aérosol, augmentation de 13,6 %)	1,410 l.

Troisième exploration :

C.P.U.E.	1,200 l.
C.P.U.E. (1/2 heure après 20' d'aérosol d'eau distillée, augmentation de 5 %, insensible)	1,260 l.

Observation n° 7 :

— Georges C., 11 ans (Docteurs G. et J. Cany). Asthme infantile depuis l'âge de 2 ans, récidivant chaque mois avec température. Quelques bronchites favorisant l'apparition des crises. Sibilances aux bases pulmonaires à l'état permanent. Dyspnée d'effort. Rachitisme sterno-costal accentué. Dernière crise notable : 15 jours avant l'arrivée à La Bourboule.

Première exploration fonctionnelle pulmonaire, le neuvième jour de la cure.

C.V.	0,965 l.
C.P.U.E.	0,590 l.
C.P.U.E. (après aérosol d'acétylcholine)	0,495 l.

NATURE DES TRAITEMENTS	POURCENTAGE DE L'AMÉLIORATION		
	Aussitôt après	1/2 h. après	1 h. après
1° C.P.U.E. 0,495 l. 10 minutes d'aérosol d'Eau de La Bourboule	0 %	—	—
2° C.P.U.E. 1,145 l. 15 minutes d'aérosol d'Eau de La Bourboule	0 %	—	—
3° C.P.U.E. 1,405 l. 1 minute d'aérosol d'aleudrine à 0,5 %.	20 %	—	14 %
4° C.P.U.E. 1,070 l. 15 minutes d'aérosol d'Eau de La Bourboule	17,8 %	—	—
5° C.P.U.E. 0,725 l. 15 minutes d'aérosol d'Eau de La Bourboule	14 %	—	38 %

6° C.P.U.E.	1,090 l.			
8 minutes d'aérosol de théophyllinate de procaine		0 %	—	0 %
7° C.P.U.E.	0,900 l.			
15 minutes d'aérosol d'Eau de La Bourboule		13,3 %	10 %	—
8° C.P.U.E.	1,060 l.			
5 minutes de sérum de Heckel (une ampoule pour adulte diluée dans 20 cc. d'eau distillée)		0 %	—	—
9° C.P.U.E.	0,830 l.			
15 minutes d'aérosol d'eau distillée ..		0 %	—	28 %

Chez ce sujet, particulièrement instable, le résultat obtenu à l'eau distillée nous oblige à ne tenir compte que des améliorations immédiates, d'ailleurs le plus souvent nettes, consécutives à l'administration d'un aérosol thermal.

Observation n° 8 :

— M. S., 60 ans (Docteur Duliège). Ancien gazé de la guerre 1914-1918. Depuis, bronchite chronique avec poussées aiguës (température, expectoration muco-purulente). Emphysème pulmonaire particulièrement marqué depuis 5 ou 6 ans. Face cyanosée. Dyspnée d'effort intense. Certains jours, ne peut se raser sans être essoufflé. Bruits du cœur assourdis. T.A. 15-10 (Vaquez). Murmure vésiculaire presque complètement étouffé. Quelques sibilances et quelques râles bulleux à la base droite.

Première exploration fonctionnelle du poumon, le quatrième jour de la cure à La Bourboule.

C.V.	2,530 l.
C.P.U.E.	0,420 l.
C.P.U.E. (après acétylcholine)	0,345 l.

NATURE DES TRAITEMENTS	POURCENTAGE DE L'AMÉLIORATION		
	Aussitôt après	1/2 h. après	1 h. après
1° C.P.U.E.			
15 minutes d'aérosol d'Eau de La Bourboule	0 %	—	—
2° C.P.U.E.			
20 minutes d'aérosol d'Eau de La Bourboule	18,8 %	—	12,7 %
3° C.P.U.E.			
20 minutes d'aérosol d'Eau de La Bourboule	7,5 %	—	—

4° C.P.U.E.	0,345 l.			
5 minutes d'aérosol d'aminophylline,		0 %	—	—
puis 15 minutes d'aérosol d'Eau de La				
Bourboule		0 %	—	—
5° C.P.U.E.	0,275 l.			
15 minutes d'aérosol d'eau distillée ..		0 %	—	0 %
6° C.P.U.E.	0,410 l.			
1 minute d'aérosol d'aleudrine à 0,5 %.		7,7 %	—	12,2 %
7° C.P.U.E.	0,285 l.			
15 minutes d'aérosol d'Eau de La Bour-				
boule		—	—	10,6 %
8° C.P.U.E.	0,305 l.			
8 minutes d'aérosol de théophyllinate				
de procaine		0 %	—	0 %

Observation n° 9 :

— M. L., 60 ans (Docteur Duliège). Bronchite chronique depuis une vingtaine d'années, avec poussées aiguës. Expectorations abondantes. Pas d'image bronchectasique à la radio. Hyperplasie des cornets ayant motivé deux interventions. Cependant, actuellement, perméabilité nasale mauvaise. Quelques crises d'asthme il y a une dizaine d'années; les crises typiques ont maintenant disparu. Dyspnée d'effort importante, toutefois. T.A. 18-10, 5 (Vaquez). Diminution du murmure vésiculaire dans toute l'étendue des champs pulmonaires. Quelques ronchus et sibilances disséminés. Mouvements d'amplitude de la cage thoracique très diminués. Emphysème pulmonaire.

Première exploration fonctionnelle pulmonaire, le premier jour de la cure :

C.V.	3,135 l.
C.P.U.E.	1,135 l.
C.P.U.E. (après aérosol d'acétylcholine)	0,905 l.
Quelques jours plus tard :	
C.P.U.E.	1,100 l.
C.P.U.E. (après 20 minutes d'aérosol d'Eau de La	
Bourboule)	1,230 l.

Augmentation : 11,8 %. Manque la contre-épreuve à l'eau distillée, le malade ayant été obligé de quitter rapidement La Bourboule.

Observation n° 10 :

— M. P., 35 ans (Docteurs G. et J. Cany.) Depuis l'adolescence, atteint de manifestations asthmatiques intenses et emphysémateuses. Bronchites fréquentes. A l'auscultation, râles aux bases, surtout à droite. Cœur sain, non dilaté. T.A. 14-10 (Vaquez). A l'occasion d'une légère crise au début du séjour, le pouls a atteint 104. Dyspnée continuelle, même au repos. Crises plus fortes par temps de brouillards. Une cure l'année précédente à La Bourboule. Excellent hiver, mais reprise des phénomènes dyspnéiques depuis le mois d'avril.

Premier examen fonctionnel, le premier jour de la cure :

C.V.	2,685 l.
C.P.U.E.	1,185 l.
C.P.U.E. (après aérosol d'acétylcholine)	1,185 l.

A la suite de cet aérosol, le malade s'est trouvé considérablement amélioré subjectivement et a fait une réaction bronchique : abondante expectoration dont un crachat sanglant.

Nous avons alors étudié systématiquement ses réactions aux différents principes thérapeutiques :

NATURE DES TRAITEMENTS		POURCENTAGE DE L'AMÉLIORATION		
		Aussitôt après	1/2 h. après	1 h. après
1° C.P.U.E.	1,135 l.			
5 minutes d'aérosol d'acétylcholine à 1 %	.....	0 %	—	11 %
2° C.P.U.E.	1,040 l.			
10 minutes d'aérosol d'Eau de La Bourboule	.....	0 %	—	27 %
3° C.P.U.E.	1,050 l.			
5 minutes d'aérosol d'aminophylline (0,10 g. dans 10 cc. d'eau distillée) ...	.....	7 %	—	34 %
4° C.P.U.E.	1,100 l.			
10 minutes d'aérosol d'eau distillée ..	.....	0 %	—	0 %
5° C.P.U.E.	1,030 l.			
10 minutes d'aérosol d'Eau de La Bourboule	.....	0 %	—	20,4 %
6° C.P.U.E.	0,945 l.			
10 minutes d'aérosol d'Eau de La Bourboule	.....	—	11,1 %	16 %
7° C.P.U.E.	0,840 l.			
5 minutes d'aérosol d'acétylcholine à 1 %	.....	0 %	—	17,2 %
8° C.P.U.E.	0,860 l.			
20 minutes d'aérosol d'Eau de La Bourboule	.....	—	36 %	31 %
9° C.P.U.E.	0,955 l.			
10 minutes d'aérosol d'Eau de La Bourboule, puis 5 minutes d'aérosol d'acétylcholine à 1 %	.....	0 %	—	11 %
10° C.P.U.E.	0,925 l.			
4 minutes d'aérosol de théophyllinate de procaïne, puis 20 minutes d'aérosol thermal	.....	34 %	—	30 %

11° C.P.U.E.	1,205 l.			
Piqûre S.C., 1/4 milligramme d'atropine suivie d'un aérosol d'acétylcholine à 1 % durant 5 minutes.		11,2 %	—	0 %
12° C.P.U.E.	0,640 l.			
4 minutes d'aérosol de théophyllinate de procaine, puis 20 minutes d'aérosol thermal		50 %	—	56 %
13° C.P.U.E.	0,650 l.			
1 minute d'aérosol d'aleudrine à 0,5 %.		27,7 %	—	—
Après 4 minutes d'aérosol d'aleudrine à 0,5 %		14,2 %	—	71,5 %

Cet aérosol ne provoque, malgré la prolongation de sa durée, aucune réaction cardiaque, mais par la suite quelques mouvements de toux et une abondante expectoration.

14° C.P.U.E.	0,545 l.			
10 minutes de sérum de Heckel en aérosol (une ampoule pour adulte diluée dans 20 cm ³ d'eau distillée)		9 %	—	—
15° C.P.U.E.	0,590 l.			
20 minutes d'aérosol d'Eau de La Bourboule, puis 20 minutes de bain thermal.		53 %	—	48 %

Observation n° 11 :

— Yves P., 13 ans (Docteur Dubaud, hôpital Guillaume Lacoste). Asthme infantile depuis le jeune âge, crises provoquées par le brouillard ou les changements de temps. Légère dyspnée d'effort. Une cure antérieure à La Bourboule, ayant amené une amélioration sensible.

C.V.	2,390 l.
C.P.U.E.	1,430 l.
C.P.U.E. (après aérosol d'acétylcholine)	1,250 l.
(Diminution de 12,5 %)	

Quelques jours après :

C.P.U.E.	1,490 l.
C.P.U.E. (après 5 minutes d'aérosol d'acétylcholine à 1 % dilué dans l'Eau de La Bourboule) (diminution équivalente de 12 %)	1,310 l.

Observation n° 12 :

— Claude S. (Docteur Dubaud, hôpital Guillaume Lacoste). Asthme infantile depuis l'âge de 2 ans. Crises fréquentes, parfois 2 à 3 fois par semaine, durant plusieurs heures. Bronchites assez fréquentes les hivers, plus ou moins intriquées de phénomènes asthmatiformes.

L'hiver précédant la cure, une seule crise par semaine en moyenne, surtout les nuits. Dernier épisode la veille de l'exploration fonctionnelle pulmonaire.

C.V.	2,255 l.
C.P.U.E.	1,220 l.
C.P.U.E. (après aérosol d'acétylcholine, diminution très peu sensible, douteuse)	1,130 l.

Quelques jours après, à l'occasion d'une petite crise :

C.P.U.E.	1,000 l.
C.P.U.E. (après aérosol d'acétylcholine à 1 % dans l'Eau de La Bourboule, durant 5 minutes, diminution de 21 %)	0,790 l.

De l'ensemble de ces observations, nous pouvons conclure :

1° Les améliorations de la capacité pulmonaire utilisable à l'effort, chez les sujets normaux, à la suite d'inhalation d'aérosols médicamenteux ou d'Eau de La Bourboule, sont nulles.

2° Les améliorations de la capacité pulmonaire utilisable à l'effort, chez les asthmatiques, après l'inhalation d'aérosols d'eau distillée, se sont révélées nulles quand la mesure fut effectuée aussitôt après la terminaison de l'inhalation de l'aérosol. Lorsque plus tard fut mise en évidence, chez les sujets très instables, une augmentation du test, les résultats retardés obtenus après un aérosol thérapeutique furent, de ce fait, d'interprétation douteuse. Il est donc nécessaire, dans des recherches analogues et précises, de bien étudier fonctionnellement, dans le temps, les malades servant de terrain d'expérience.

3° Les améliorations de la capacité pulmonaire utilisable à l'effort, après les aérosols d'aleudrine, sont constantes dans l'asthme et l'emphysème, sauf peut-être dans quelques cas, comme le font remarquer Tiffeneau et M^{me} Beauvallet, où les phénomènes de sclérose bronchopulmonaire provoquent une irréversibilité de la constriction locale. Remarquons que dans l'observation n° 8, nous avons, malgré l'importance de ce dernier facteur, obtenu un pourcentage d'amélioration de 12 % par l'aérosol d'aleudrine.

Chez les sujets jeunes, chez lesquels la réaction de sclérose du terrain est plus ou moins nulle, il nous a semblé que l'aérosol d'aleudrine provoquait plus régulièrement et plus intensément une bronchodilatation mesurable chez les malades que l'aérosol d'acétylcholine une bronchoconstriction, dans les conditions techniques que nous avons précisées. Il serait donc peut-être utile de modifier ces conditions pour accroître la précision de ce test pharmacodynamique.

4° Les améliorations de la capacité pulmonaire utilisable à l'effort après les aérosols de théophyllinate de procaine ou d'aminophylline (ampoules pour injection intraveineuse) sont moins constantes que les précédentes. Il nous semble que certains sujets sont

justiciables de cette thérapeutique, alors que d'autres n'y trouvent aucun soulagement.

Nous avons, enfin, montré l'effet bronchodilatateur, plus faible mais incontestable, du sérum de Heckel.

Remarquons que les mesures doivent être effectuées avec grand soin et répétées à plusieurs reprises, car les résultats sont souvent variables et inconstants, pour des raisons qui nous ont souvent échappé. Toutefois, après comparaison avec le test témoin à l'eau distillée, il est certain qu'une amélioration, surtout lorsqu'elle est immédiate, peut être considérée comme significative, alors que, parfois, un résultat négatif correspond au contraire à une réaction positive, momentanément bloquée au cours de l'examen.

5° L'action pharmacodynamique immédiate de l'Eau de La Bourboule est identique, chez tous les sujets que nous avons examinés, à celle des principes bronchodilatateurs. Elle est nulle chez les individus normaux, positive chez la plupart des malades asthmatiques et plus généralement en état de bronchospasme. L'opposition des pourcentages d'amélioration de la capacité pulmonaire utilisable à l'effort que nous avons établie entre les résultats obtenus après les aérosols médicamenteux et thermaux fait ressortir les étonnantes possibilités de l'Eau de Choussy-Perrière. La lecture des observations ci-dessus en fait foi. Il est remarquable que cette Eau puisse soutenir une telle comparaison. Nous n'avons pu, toutefois, montrer son action antidote vis-à-vis du pouvoir bronchoconstricteur de l'acétylcholine. Cependant, ce problème n'est pas complètement résolu à nos yeux, car il nous semble très complexe.

L'Eau de La Bourboule, par son pouvoir bronchodilatateur immédiat chez les malades en état de bronchospasme, peut être considérée comme un principe actif pharmacodynamique associé à un lent modificateur du terrain morbide. Certes, il est probable que son action n'est pas aussi intense dans toutes les formes cliniques des troubles étudiés. Il sera nécessaire, dans l'avenir, de le préciser. En tout cas, dès maintenant, on peut admettre comme un fait acquis définitivement, grâce à l'ensemble des travaux réalisés, que l'Eau de Choussy-Perrière doit être considérée comme un principe bronchodilatateur sur la bronche contracturée des malades et que, de ce fait, parmi ses indications, l'asthme et les troubles voisins, tout au moins certaines formes cliniques qui restent à préciser mais parmi lesquelles nous avons déjà fait ressortir celle à type intriqué de catarrhe bronchique chez les adultes et les enfants, doivent y tenir un rang mérité.

IV. — *Les pratiques thermales bronchopulmonaires aux Grands Thermes de La Bourboule. - Etude de leur action broncho-dilatatrice.*

Parmi les pratiques thermales en usage à La Bourboule, les inhalations, les aérosols et le humage sont plus particulièrement destinés au traitement des affections des voies respiratoires.

Pour les inhalations, le système adopté jusqu'alors aux Grands Thermes de La Bourboule consiste à pulvériser l'eau minérale en gouttelettes microscopiques formant dans les salles un véritable brouillard qui permet, non seulement l'action topique locale, mais encore la pénétration de l'arsenic dans l'organisme, comme l'a montré Cany dès 1910 (58). Ce dernier a étudié, en particulier, les modifications exercées sur l'appareil cardio-vasculaire par le séjour dans les salles, dont la température, grâce à un système de régulation thermique et de ventilation, s'élève à 29°-31°. Il y a vasodilatation périphérique, avec accélération du pouls, augmentée par le bain de pieds qui, généralement, termine cette pratique. La température centrale ne s'élève pas. La tension artérielle minima n'est pas modifiée et la maxima diminue en général quelque peu.

De récents appareils, qui seront en place dès 1949 dans toutes les salles, éviteront le refroidissement, consécutif au phénomène de détente, provoqué par l'usage de fortes pressions d'air pour l'obtention de la pulvérisation de l'eau thermale. Ils fonctionnent, en effet, sous la pression relativement faible de deux kilogs et demi.

Pour les aérosols, nous ne reviendrons pas sur la description des appareils que nous avons largement détaillée plus haut. Signalons que d'autres types sont également utilisés (1).

Pour le humage, le système employé est le suivant : l'eau minérale venant du griffon est reçue par une pompe qui la comprime à 5 kilogs. L'eau alimente alors deux rampes qui vont aux appareils, l'une directement, l'autre après être passée dans un serpentin réchauffant où elle est portée à 60° environ. L'eau utilisée peut, à volonté, varier de température de 35° à 55° suivant les malades. Après les robinets mitigeurs, elle parvient à un pistil à 6 ajutages, d'ouverture filiforme, d'où elle sort en six jets très fins qui se brisent dans le bol à humage donnant un brouillard mouillant.

Ces bols, type La Bourboule, permettent, grâce à leur dispositif, le humage de bouche et le humage par voie nasale et sont conçus pour éviter la condensation du brouillard contre les parois et pour freiner l'arrivée d'air de manière à ne pas perturber la respiration, ni troubler les échanges gazeux.

Voici maintenant une série d'observations destinées à mettre en évidence comment nous avons pu déterminer, chez un sujet donné, les actions bronchodilatatrices relatives de ces différentes pratiques thermales bourboulennes. Nous complétons ici simplement les observations précédentes.

Observation n° 5. — Roland K. Chez ce sujet, les pourcentages d'augmentation de la capacité pulmonaire utilisable à l'effort, obtenus après 15 minutes d'aérosol d'Eau de La Bourboule ont été, selon les essais, de :

Immédiatement après	0 %, 15 %, 0 %, 0 %
1 heure après	12 %, 14 %, 26 %

(1) Appareils d'aérosols thérapeutiques français.

L'étude systématique de cette épreuve, avant et après un séjour du malade de 45 minutes à la salle d'inhalation, dont 10 minutes avec bain de pieds, nous a permis d'établir les augmentations suivantes du test :

- a) C.P.U.E., 0,515 l. 0 % immédiatement après;
- b) C.P.U.E., 0,365 l. 0 % immédiatement après;
- c) C.P.U.E., 0,555 l. 11,7 % immédiatement après et 0 % 1 heure après.

Observation n° 6. — M. B. Chez ce malade, 20 minutes d'aérosol d'Eau de La Bourboule ont provoqué une augmentation immédiate nulle de la capacité pulmonaire utilisable à l'effort, mais de 13,6 %, une demi-heure après.

Voici les résultats obtenus avec les autres pratiques thermales; malheureusement ils sont incomplets, car il nous fut impossible de les répéter comme nous l'aurions désiré :

- a) C.P.U.E., 1,320 l. 1/4 d'heure d'inhalation, puis massage sous l'eau. Augmentation nulle.
- b) C.P.U.E., 1,250 l. 20 minutes de humage, douche, massage. Augmentation nulle.

Observation n° 7. — Georges C. Les pourcentages d'augmentation de la capacité pulmonaire utilisable à l'effort obtenus chez cet enfant après 15 minutes d'aérosol d'Eau de La Bourboule ont été, selon les essais, de :

Immédiatement après.	0 %,	0 %,	17,8 %	14 %,	13,3 %
1/2 heure après	»	»	»	»	10 %
1 heure après	»	»	»	38 %	»

Toutefois, nous avons honnêtement émis un doute sur les réactions retardées, ce sujet étant particulièrement instable.

Voici les résultats, exprimés de façon équivalente, obtenus après un séjour du malade de 45 minutes à la salle d'inhalation, dont 10 minutes avec bain de pieds :

- a) C.P.U.E., 0,860 l. Diminution de 10 %, immédiatement après.
- b) C.P.U.E., 1,155 l. Augmentation de 7,5 %, immédiatement après.
- c) C.P.U.E., 0,705 l. Augmentation de 15,7 %, immédiatement après et de 30 % une heure après.

Observation n° 8. — M. S. Chez ce grand malade, scléreux bronchopulmonaire, les pourcentages d'augmentation de la capacité pulmonaire utilisable à l'effort, obtenus après 20 minutes d'aérosol d'Eau de La Bourboule, ont été, selon les essais, de :

Immédiatement après.	0 %,	18,8 %	7,5 %	0 %,	»
1 heure après	»	12,7 %,	»	»	10,6 %

Avec les autres pratiques thermales, les résultats obtenus ont été les suivants :

- a) C.P.U.E., 0,345 l. 30 minutes d'inhalation dont 10 minutes avec bain de pieds. Augmentation immédiate insensible de 6 %.

b) C.P.U.E., 0,365 l. 15 minutes de humage. Augmentation immédiate insensible de 7 %.

c) C.P.U.E., 0,345 l. 30 minutes d'inhalation, dont 10 minutes avec bain de pieds. Epreuve stationnaire.

d) C.P.U.E., 0,335 l. 30 minutes d'inhalation, dont 10 minutes avec bain de pieds. Augmentation immédiate de 16,8 % et de 5 %, une heure après.

Observation n° 9. — M. L. Chez ce sujet, le pourcentage d'amélioration de la capacité pulmonaire utilisable à l'effort, obtenu après 20 minutes d'aérosol d'Eau de la Bourboule, a été de 11,8 % immédiatement après.

Voici les résultats mesurés avec les autres pratiques thermales :

a) C.P.U.E., 1,205 l. 30 minutes d'inhalation, dont 10 minutes avec bain de pieds. Augmentation immédiate de 7,5 %, puis 14 minutes de gaz thermaux (7 minutes dans chaque narine). Diminution immédiate de 9,8 %.

b) C.P.U.E., 0,840 l. 20 minutes de humage, puis 15 minutes de gaz thermaux. Augmentation immédiate de 31 %, parallèlement à une amélioration subjective; augmentation de 18 %, une heure après.

c) C.P.U.E., 1,165 l. 30 minutes d'inhalation, dont 10 minutes avec bain de pieds, puis 15 minutes de gaz thermaux. Diminution de 30 %.

Observation n° 10. — M. P. Les pourcentages d'augmentation de la capacité pulmonaire utilisable à l'effort, obtenus chez ce sujet après 10 minutes d'aérosol d'Eau de La Bourboule, ont été, selon les essais, de :

Immédiatement après	0 %,	0 %,	0 %	»	»	»
1/2 heure après ...	»	»	»	11 %,	36 %,	53 %
1 heure après	27 %,	20,4 %	»	16 %,	31 %,	48 %

Avec les autres pratiques thermales les résultats ont été les suivants :

a) C.P.U.E. 0,940 l. 30 minutes d'inhalation d'Eau de La Bourboule, dont 10 minutes avec bain de pieds. Augmentation immédiate de 34 % et de 33 %, une heure après.

b) C.P.U.E., 0,830 l. 30 minutes d'inhalation, dont 10 minutes avec bain de pieds. Augmentation de 15 % 1/2 heure après et de 7,5 % une heure après.

c) C.P.U.E., 0,485 l. 40 minutes d'inhalation, dont 10 minutes avec bain de pieds, puis 4 minutes de douche de vapeurs. Augmentation de 58 %, une heure après.

d) C.P.U.E., 0,515 l. Une heure d'inhalation, dont 10 minutes avec bain de pieds, puis 6 minutes de douche de vapeurs. Augmentation de 20 %, deux heures après.

Observation n° 13. — Jeanne G., 14 ans (Docteurs G. et J. Cany). Crises asthmatiformes depuis l'âge de 7 ans, surtout fréquentes aux changements de temps. Bronchites les hivers, s'intriquant alors avec les crises. Deux cures antérieures à La Bourboule. Grosse amélioration, paraît-il. L'hiver précédant la dernière cure de 1948,

3 ou 4 crises, ayant duré 2 ou 3 jours. Bronchite avec phénomènes dyspnéiques quelques jours avant l'arrivée à La Bourboule. Enfant débilitée, non formée.

Première exploration fonctionnelle pulmonaire le 9^e jour de cure :

C.V.	1,950 l.
C.P.U.E.	1,440 l.
C.P.U.E. (après aérosol d'acétylcholine)	1,405 l.

NATURE DES TRAITEMENTS		POURCENTAGE DE L'AMÉLIORATION		
		Aussitôt après	1/2 h. après	1 h. après
1° C.P.U.E.	1,440 l.	—	—	—
45 minutes d'inhalation, dont 10 minutes avec bain de pieds		0 %	—	—
2° C.P.U.E.	0,900 l.			
45 minutes d'inhalation, dont 10 minutes avec bain de pieds		14,4 %	—	—
3° C.P.U.E.	0,590 l.			
20 minutes de bain thermal		0 %	—	13 %
4° C.P.U.E.	0,915 l.			
20 minutes de bain thermal		0 %	—	—
5° C.P.U.E.	1,010 l.			
25 minutes d'inhalation, dont 10 minutes avec bain de pieds		0 %	—	0 %
6° C.P.U.E.	0,830 l.			
1 minute d'aérosol d'aleudrine à 0,5 %.		21,6 %	—	9 %
7° C.P.U.E.	0,915 l.			
20 minutes d'aérosol d'Eau de La Bourboule, dont 4 minutes avec 1 ampoule de théophyllinate de procaine.		—	6 %	0 %
8° C.P.U.E.	0,915 l.			
Traitement identique au précédent ..		0 %	—	0 %
9° C.P.U.E.	0,920 l.			
8 minutes d'aérosol de théophyllinate de procaine		0 %	—	0 %
10° C.P.U.E.	0,970 l.			
5 minutes d'aérosol de sérum de Hec- kel (une ampoule pour adulte diluée dans 20 cc. d'eau distillée)		0 %	—	0 %
11° C.P.U.E.	1,070 l.			
20 minutes d'aérosol d'eau simple ..		0 %	—	9 %

Ce sujet est, malgré son instabilité fonctionnelle qui met en évidence un trouble à type de bronchospasme, remarquablement rebelle à la thérapeutique bronchodilatatrice.

On voit donc, par l'examen de l'ensemble de ces observations, qu'il est possible, par la méthode d'exploration fonctionnelle de la ventilation, de juger de l'effet local d'une médication bronchopulmonaire et d'en tirer des conclusions pratiques thérapeutiques en opposant cet effet à celui relevé à la suite de l'utilisation d'autres techniques.

Certes, ces résultats manquent d'ampleur pour déterminer avec précision des conclusions générales. Cependant, ils nous permettent d'affirmer :

1° L'action de l'Eau de La Bourboule, administrée sous forme d'inhalation ou de humage, est relativement comparable à celle obtenue après son usage en aérosol.

2° L'effet des inhalations est complexe, car doivent s'intriquer au mécanisme bronchodilatateur des phénomènes vaso-moteurs qui agissent également, dans un sens ou dans l'autre, d'une façon plus ou moins régulière selon les individus, sur la ventilation pulmonaire. Il semble donc intéressant d'opposer chez un même malade les variations des mesures de la capacité pulmonaire utilisable à l'effort, avant et après aérosol, avant et après inhalation, avant et après humage s'il y a lieu, pour juger de l'effet thérapeutique local de ces différentes pratiques.

L'exploration fonctionnelle de la ventilation pulmonaire peut donc dépasser le cadre de la recherche, devenir un moyen de contrôle et faciliter grandement l'œuvre du médecin en lui permettant de préciser la thérapeutique la plus favorable pour chaque malade.

Dès lors, les propriétés bronchodilatrices de l'Eau de Choussy-Perrière sont bien mises en évidence. Déjà précisées sur la bronche contracturée du porc *in vitro* par Villaret, Justin-Besançon et Vexenat et sur l'animal d'expérience par Pierret et Burstein, cette présente étude nous a permis de les déterminer d'une façon indiscutable chez le malade lui-même, en état de bronchospasme. Peu importe le mécanisme physiologique exact de ce phénomène, qu'il soit d'origine centrale ou purement locale, nous ne prendrons pas position sur ce problème; les faits, à eux seuls, sont suffisamment éloquents pour que l'on puisse dès maintenant tirer la conclusion définitive sur ce chapitre de l'action physiologique de l'Eau de La Bourboule.

CONCLUSIONS

1° Les Eaux de La Bourboule, isotoniques, polymétalliques, chlorurées et bicarbonatées sodiques, à forte concentration arsenicale et puissamment radioactives, comportent de nombreuses indications thérapeutiques qui se sont peu à peu précisées depuis 1865. Parmi elles, nous avons retenu comme solidement établies certaines affections de l'appareil respiratoire, en particulier l'asthme, l'emphyème, la bronchite chronique et la dilatation des bronches. Pour appuyer les résultats cliniques obtenus sur ce terrain, nous avons essayé de préciser les manifestations physiologiques de leur action bronchopulmonaire.

2° Parmi les études antérieures pharmacodynamiques effectuées sur les Eaux de La Bourboule, trois ensembles de travaux nous ont particulièrement guidé : ceux de Villaret, Justin-Besançon et Vexenat sur leur action bronchodilatatrice sur la bronche isolée et contracturée du porc, ceux de Pierret et Burstein sur leurs propriétés parallèles sur l'animal en état de spasme expérimental et, enfin, ceux de Santenoise et de ses collaborateurs sur leur action sur le pouvoir cholinestérasique du sérum sanguin.

3° Nous avons recherché une technique physio-clinique facile et simple, rigoureuse et sensible qui puisse nous permettre de déceler et d'évaluer les petites insuffisances respiratoires, les insuffisances latentes. Nous avons fixé notre choix sur une méthode d'exploration fonctionnelle de la ventilation pulmonaire que nous avons étudiée et précisée.

4° Confrontant et opposant les enseignements donnés par les différents tests, jusqu'alors proposés pour l'étude de cette fonction respiratoire, nous avons retenu, comme s'adaptant au but et aux

conditions de notre travail, les mesures de la capacité vitale (C.V.), de la capacité pulmonaire utilisable à l'effort, de Tiffeneau et Pinelli (C.P.U.E.), du rapport C.V./C.P.U.E. et des modifications apportées à ces valeurs par l'inhalation d'aérosols pharmacodynamiques bronchoconstricteurs (acétylcholine), ou bronchodilatateurs (aleudrine...).

5° Le rapport C.V./C.P.U.E. chez le sujet normal, à l'encontre des autres épreuves, varie peu avec les facteurs anatomiques et physiologiques des individus : de 1,24 chez le garçon de 6 à 9 ans, à 1,39 en moyenne chez l'homme de 30 ans, de 1,15 chez la fillette de 6 à 9 ans, à 1,36 en moyenne chez la femme de 30 ans.

6° Au contraire, il augmente notablement dans certaines affections respiratoires et met en évidence, avec sensibilité, de nombreuses insuffisances et en particulier les petites insuffisances. Il nous a permis de déceler 66,6 % de sujets pathologiques dans l'asthme, 86,3 % dans l'emphysème, 36,2 % dans la bronchite chronique. Ses valeurs dans l'asthme, chez l'homme adulte, par exemple, ont varié de 1,42 à 2,90, moyenne 2,07. Dans un cas d'emphysème, nous avons relevé le chiffre de 6,02.

7° Les valeurs absolues de la capacité vitale, du rapport capacité vitale sur surface corporelle, des airs respiratoires et de la capacité pulmonaire utilisable à l'effort ne peuvent déceler que les grandes insuffisances respiratoires, déjà évidentes cliniquement. Au contraire, la confrontation de leurs mesures et particulièrement de celles de la capacité pulmonaire utilisable à l'effort, avant et après inhalation d'aérosol bronchoconstricteur à l'acétylcholine, permet d'apprécier certains troubles latents. Chez les sujets normaux ou atteints de bronchite chronique ou de dilatation des bronches, les variations de la capacité pulmonaire utilisable à l'effort, en particulier, avant et après cet aérosol, sont insensibles. Mais, dans l'asthme 50 % et dans l'emphysème 75 % des mesures sont nettement diminuées après l'aérosol acétylcholinique.

8° L'étude systématique dans le temps, chez un sujet donné, de la capacité vitale, mesurant ses possibilités statiques maxima, et de la capacité pulmonaire utilisable à l'effort, appréciant ses possibilités dynamiques optima, permet de mettre en évidence chez ce dernier de petites variations dans la valeur de sa ventilation pulmonaire.

9° Par la détermination de l'ensemble de ces tests, il est donc possible d'apprécier l'état fonctionnel de la ventilation pulmonaire d'un individu et d'en mesurer l'évolution. Il nous fut alors facile de préciser l'action des Eaux de La Bourboule sur l'appareil respiratoire :

a) Le résultat favorable obtenu par la cure thermique est souvent difficile à mettre en évidence par cette méthode, de nombreux facteurs extrinsèques pouvant venir troubler les résultats des mesures des tests choisis, particulièrement sensibles. La statistique générale

que nous avons établie permet toutefois d'en certifier la réalité, sans pouvoir la préciser.

b) Au contraire, nous avons pu nettement corroborer les résultats des travaux de Villaret, Justin-Besançon et Vexenat, de Pierret et Burstein. Il nous fut en effet possible de montrer l'action bronchodilatatrice des Eaux de La Bourboule chez les malades en état de bronchospasme. Cet effet est comparable, chez un même sujet, à celui réalisé par un principe médicamenteux broncho-dilatateur comme l'aleudrine.

Vu, le Doyen :

BINET.

Vu, le Président de thèse :

JUSTIN-BESANÇON

VU ET PERMIS D'IMPRIMER

Le Recteur de l'Académie de Paris :

SARRAILH.

PLAN

I. — LA BOURBOULE ET SON EAU THERMALE : QUELQUES MOTS D'HISTOIRE.

Les origines.

L'essor moderne.

Les Spécialisations de La Bourboule selon les époques.

Conclusion.

II. — BUT DE CE TRAVAIL.

Position du problème.

Mise au point de la méthode d'étude.

Application de cette méthode à l'étude des Eaux de la Bourboule.

III. — L'EXPLORATION FONCTIONNELLE DE LA VENTILATION PULMONAIRE AUX GRANDS THERMES DE LA BOURBOULE EN 1948.

1° *Rappel des études physiologiques antérieures effectuées sur l'Eau de Choussy-Perrière :*

- Propriétés chimiques;
- Propriétés physiques;
- Radioactivité;
- Propriétés physiologiques;
- Propriétés pharmacodynamiques.

2° *La Ventilation pulmonaire et ses méthodes d'exploration :*

- Grandes étapes historiques de l'étude de la Fonction respiratoire;
- Aperçu physiologique de la Fonction respiratoire;
- La Ventilation pulmonaire et l'insuffisance respiratoire;
- Conclusion.

3° *Description du Centre d'Exploration fonctionnelle de la Ventilation pulmonaire aux Grands Thermes de La Bourboule en 1948 :*

- Les appareils spiromètres et aérosolisateurs;
- Le fonctionnement du Centre, les locaux, mise en train préliminaire, mesure de la capacité vitale, mesure de la capacité pulmonaire utilisable à l'effort, mesures pharmacodynamiques, études des courbes d'enregistrement;
- Conclusion.

4° *Etude de la capacité vitale et des airs respiratoires :*

- Position du problème;
- Les valeurs de la capacité vitale et leurs variations;
- La capacité vitale théorique et ses mesures;
- Etude succincte des airs courant, complémentaire et de réserve;
- La fréquence respiratoire, la ventilation minute et la durée comparée de l'inspiration et de l'expiration au repos;
- Conclusion.

5° *Etude de la capacité pulmonaire utilisable à l'effort :*

- Mécanisme physiologique de la Ventilation pulmonaire;
- Signification de la mesure de la capacité pulmonaire utilisable à l'effort;
- Résultats de la mesure de la capacité pulmonaire utilisable à l'effort;
- Conclusion.

6° *Etude du rapport capacité vitale/capacité pulmonaire utilisable à l'effort :*

- Signification du rapport C.V./C.P.U.E.;
- Résultats du calcul du rapport C.V./C.P.U.E.;
- Conclusion.

7° *Etude de l'action des agents pharmacodynamiques sur la Ventilation pulmonaire :*

- Position du problème;
- Mise en évidence des insuffisances respiratoires inapparentes par les épreuves pharmacodynamiques de bronchoconstriction et de bronchodilatation :

Action de l'aérosol d'acétylcholine, action des aérosols adrénaliniques, actions vasodilatatrice de l'aérosol d'acétylcholine et vaso-constrictrice de l'aérosol d'aleudrine;

- Résultats obtenus par l'étude de l'action de l'aérosol d'acétylcholine sur la Ventilation pulmonaire au Centre d'Exploration fonctionnelle des Grands Thermes à La Bourboule;
- Conclusion.

8° *Conclusion générale.*

IV. — ETUDE DE L'ACTION DE L'EAU DE LA BOURBOULE SUR LA VENTILATION PULMONAIRE.

1° *Action sur la Ventilation pulmonaire de la cure hydrominérale d'Eau de La Bourboule :*

- Position du problème;
- Résultats obtenus par l'étude correspondante des tests avant et après la cure thermique;
- Conclusion.

2° *Effet bronchodilatateur de l'Eau de La Bourboule :*

- Position du problème;
- Action immédiate sur la capacité pulmonaire utilisable à l'effort de l'Eau de La Bourboule chez les sujets normaux ou atteints de bronchite chronique;
- Action immédiate de l'Eau de La Bourboule sur la capacité pulmonaire utilisable à l'effort chez les sujets présentant une sensibilité marquée du système vago-sympathique bronchique : effet des principes médicamenteux, effet de l'Eau de La Bourboule;
- Les pratiques thermales bronchopulmonaires aux Grands Thermes de La Bourboule. Etude de leur action bronchodilatatrice.

V. — CONCLUSIONS.

BIBLIOGRAPHIE

I. — *La Bourboule et ses Eaux thermales*

1. BANC Jean. — La mémoire renouvelée des merveilles des eaux naturelles en faveur de nos nymphes françaises et des malades qui ont recours à leurs salutaires emplois, 1605.
2. DUCLOS. — *Comptes rendus à l'Académie Royale des Sciences*, 1670.
3. CHOMEL. — Traité des Eaux minérales, bains et douches de Vichy, 1734.
4. LE MONNIER. — *Comptes rendus à l'Académie Royale des Sciences*, 1744.
5. PLANQUE. — *Bibliothèque choisie du Médecin*, t. IV, 1753.
6. MONNET. — Les bains au Mont-Dore en 1786. (Voyage en Auvergne de Monnet, Inspecteur général des Mines, publié et annoté par Henri Mosnier en 1887).
7. LEGRAND D'AUSSY. — Voyage fait en 1787-1788 dans les ci-devant provinces d'Auvergne.
8. DELARBRE. — Notice sur l'ancien royaume des Auvergnats et sur la ville de Clermont au XVIII^e, 1805.
9. CHOUSSY-DUBREUIL J.-B. — L'Etablissement thermal de La Bourboule, près Le Mont-Dore, 1828.
10. NIVET. — Dictionnaire des eaux minérales du Puy-de-Dôme, (article Murat-le-Quaire), 1846.
11. CHOUSSY P. et DEBAY. — Hygiène des baigneurs ou exposé des propriétés hygiéniques et médicales de toutes les variétés de bains en général et en particulier des eaux thermales de La Bourboule, près Le Mont-Dore, 1850.
12. BARADUC-FAUGIÈRE. — L'Etablissement thermal de La Bourboule, 1854.
13. PEIRONNEL. — La Bourboule, sa station thermale, ses eaux minérales, et son établissement. Clermont-Ferrand, 1865.
14. TARDIEU. — Le Mont-Dore et La Bourboule historiques et archéologiques et leurs environs, 1884.
15. NICOLAS. — La Bourboule actuelle, 1888, Paris, Masson édit.
16. MAUREL. — La Bourboule, *Gazette des Eaux*, 10 mai 1911.

17. CANY G. — Le baigneur et le touriste à La Bourboule, 1922. Clermont-Ferrand. Delaunay édit., et Guide Cany, 3^e édit., 1930.
18. GODONNÈCHE. — Essai d'histoire médicale des eaux de La Bourboule, Thèse de Paris, 1923.
19. BERTRAND M. — Coup d'œil sur les eaux de La Bourboule et de Saint-Nectaire, 1823.
20. LECOQ H. — Recherches sur les eaux minérales de La Bourboule, (*Annuaire Scientifique et Littéraire de l'Auvergne*, 1828).
21. THÉNARD (Baron). — Rapport à l'Académie des Sciences, 1854.
22. LEFORT. — Etude physique et chimique des eaux minérales et thermales de La Bourboule (*Ann. Soc. hydr. et clim. méd. de Paris*, t. II, 1862 et t. IX, 1869).
23. BAZIN. — Cours sur le traitement des maladies chroniques en général et des affections de la peau en particulier par l'emploi des eaux minérales, 1870.
24. GUÉNEAU DE MUSSY. — *Traité de Clinique médicale*, 1874.
25. ESCOT. — Note sur les eaux de La Bourboule, 1874.
26. NOIR. — Quelques considérations sur les indications et les propriétés thérapeutiques des eaux de La Bourboule, Brioude, 1875.
27. VÉRITÉ. — Note sur le traitement de l'eczéma et du psoriasis aux eaux de La Bourboule, (*Ann. Soc. hydr. et clim. méd. de Paris*, 1874).
- VÉRITÉ. — Le psoriasis herpétide aux eaux de La Bourboule, (*Ann. Soc. hydr. et clim. méd. de Paris*, 1876).
28. PRADIER. — Lettres médicales sur La Bourboule. Clermont-Ferrand, 1892.
29. CHATEAU. — Etudes sur les eaux de La Bourboule. *Revue Clinique*, Paris, 1870.
- CHATEAU. — Etude de l'action des eaux de La Bourboule sur quelques affections respiratoires à forme herpétique, 1872.
- CHATEAU. — Les eaux de La Bourboule. Indications et contre-indications, (*Communic. à la Soc. de Méd. de Rouen*, 1876).
30. GUBLER. — *Ann. de la Soc. hydr. et clim. méd. de Paris*, t. IX, p. 813.
31. CHOUSSEY L. — Etude médicale sur l'eau de La Bourboule, 1873.
32. DANJOY. — Note sur quelques cas de glycémie et de diabète traités à La Bourboule, 1877.
- DANJOY. — De la cure du diabète à La Bourboule, Paris, Doin édit., 1889.
33. CLÉRAULT Georges. — La Bourboule, ses eaux arsenicales, leurs applications thérapeutiques. Thèse de Paris, 1877.
34. DAUZAT. — Guide médical à La Bourboule, 1885.
- DAUZAT. — Traitement du lupus aux eaux de La Bourboule, 1887.
35. MENEAU. — La Bourboule et ses indications, 1896.
- MENEAU. — Les dermatoses infantiles à La Bourboule, (*Journal des maladies cutanées et syphilitiques*, août 1900).
36. VEYRIÈRES. — Indications et contre-indications des eaux de La Bourboule, (*Médecine Moderne*, 1898 et *Presse Médicale*, août, 1898).
37. FERREYROLLES. — Les eaux de La Bourboule et leur action dans les dermatoses. Thèse de Paris, 1904.
38. RONGIER. — Les eaux de La Bourboule, leur rôle thérapeutique envisagé spécialement dans le traitement des dermatoses. Thèse de Strabourg, 1922.
39. PIERRET R. — Quelques indications sur la cure thermale, arseni-

- cale et radioactive de La Bourboule dans des dermatoses (*J. de Méd. de Paris*, 1924, XLIII, p. 635).
40. CANY G. — Dermatoses prurigineuses et douches filiformes. *Presse Médicale*, 30 mai 1925.
41. EYRAUD-DECHAUX (Mme). — Action des eaux de La Bourboule dans les dermatoses, *Journal de Médecine de Lille*, août 1933.
- EYRAUD-DECHAUX (Mme). — Considérations sur la cure bourboulennienne dans certaines dermatoses (*Société franç. de derm. et syp., Société de Lyon*, 26 août 1947).
42. TREIL L. — Essai sur la cure bourboulennienne et ses indications en dermatologie. Thèse de Paris, 1939.
43. JUMON. — Sur quelques indications de La Bourboule (*Soc. hydr. et de clim. méd. de Paris*, 6 janvier 1947).
44. VEYRIÈRES. — Emploi de la douche filiforme dans le traitement de certaines dermatoses, *Gazette des Eaux*, 5 avril 1913.
- VEYRIÈRES et FERREYROLLES. — La douche filiforme en dermatologie, *Ann. de derm. et de syp.*, 1921.
45. MARFAN. — Etiologie et pathologie du lymphatisme. Rapport au Congrès international du lymphatisme à La Bourboule, 1934.
46. NOBÉCOURT P. — Lymphatisme des muqueuses. Rapport au Congrès international du lymphatisme à La Bourboule, 1934.
47. DEBRÉ R. — Les adénopathies trachéobronchiques non tuberculeuses chez l'enfant. Rapport au Congrès international du lymphatisme à La Bourboule, 1934.
48. LEREBoullet P. et ODINET. — Les états thymobronchiques. Rapport au Congrès international du lymphatisme à La Bourboule, 1934.
49. GATÉ J. et MICHEL P.-J. — Le lymphatisme dans le domaine dermatologique. Rapport au Congrès international du lymphatisme à La Bourboule, 1934.
50. GILLOT V. — Lymphatisme et paludisme. Rapport au Congrès international du lymphatisme à La Bourboule, 1934.
51. CHABROL E. — Les eaux arsenicales dans la cure thermique du lymphatisme. Rapport au Congrès international du lymphatisme à La Bourboule, 1934.
52. ANGLADA J. — Le traitement du lymphatisme à La Bourboule. Rapport au Congrès international du lymphatisme à La Bourboule, 1934.
53. HALLÉ J. et FERREYROLLES. — Les enfants envoyés de Paris à La Bourboule par l'Assistance publique, en particulier dans l'asthme infantile. Rapport au Congrès international du lymphatisme à La Bourboule, 1934.
54. CANY G. — L'adénopathie trachéo-bronchique et son traitement par l'eau minérale brumifiée. *Soc. hydr. et de clim. de Toulouse*, 1934.
55. LANDOUZY. — *Revue de Médecine*, 1881 et *Gazette des Hôpitaux*, 1882.
56. VERDALLE. — La Bourboule et le Mont-Dore dans les maladies des voies respiratoires. Journée de Médecine de Bordeaux, 1901.
57. BOUDRY J. — Comment on défend son poumon à La Bourboule ? *Annales de thérapeutique thermique*, juillet 1906.
58. CANY G. — Les inhalations à La Bourboule, *C.R. Ac. des Sciences*, 1910.
59. HALLÉ et FERREYROLLES. — La cure à La Bourboule dans la dilatation des bronches de l'enfant. *Société de Pédiatrie*, mai 1927.

60. VILLARET et JUSTIN-BESANÇON. — Le traitement hydroclimatique de l'asthme. Rapport au premier Congrès international de l'asthme au Mont-Dore, 1932.
61. GUILLOT. — L'asthme infantile et son traitement. *Avenir Médical*, août 1935.
62. GARRAUD R. — Résultats de la cure à La Bourboule dans quelques séquelles respiratoires des affections de l'enfance. Thèse de Paris, 1937.
63. CANY G et J. — Les cures thermales du Mont-Dore et de La Bourboule en pratique pneumologique. (Réunion de phtisiologie du Sud-Ouest, 24 janvier 1948 et *Journal de Médecine de Bordeaux*).
64. JUMON. — Remaniement de la pathologie respiratoire et indication thermique. *Soc. hydr. et clim. méd. de Paris*, 19 janvier 1948.
- JUMON. — Les asthmatiques à La Bourboule. *Soc. hydr. et clim. méd. de Paris*, 1^{er} mars 1948.
65. EYMERY. — Le diabète compliqué de tuberculose pulmonaire. *Echo Médical de La Bourboule*, 1887.
66. LAFON. — Les modifications du diabète par le traitement thermal de l'eau de La Bourboule, source Choussy-Perrière, 1896.
67. SERSIRON G. — Médication arsenicale et cure d'altitude. Diabète, lymphatisme et dermatoses, 1904.
68. VERDALLE. — Action de l'arsenic et des eaux chlorurées sodiques sur le diabète. *Bull. Ac. de Médecine*, mars 1905 et *Archives générales de Médecine*, mars 1906.
- VERDALLE. — Note sur le traitement du diabète à La Bourboule, 1905.
69. HUGUET. — Traitement du diabète sucré à La Bourboule-les-Bains. Thèse de Paris, 1907.
70. FLEIG. — Injections sous-cutanées, intra-musculaires et intra-veineuses des eaux de La Bourboule chez l'homme et chez l'animal. (*C.R. Soc. Biol.*, 1908, LXV, p. 558 et note à la *Soc. hydr. et clim. méd. de Paris*, 7 décembre 1908).
- FLEIG. — Action des injections intra-veineuses et sous-cutanées des eaux de Vichy et de La Bourboule dans la glycosurie expérimentale et le diabète sucré. *Ac. des Sciences et Lettres de Montpellier*, 3 mai 1909.
71. LABBÉ. — Le diabète et la cure hydro-minérale. *L'expansion Scientifique française*, août 1921.
72. DUHOT. — Action des eaux minérales sur le métabolisme des glucides. *Echo Méd. du Nord*, 26 mai 1935.
- DUHOT, BIZART et CUVÉLIER. — Action des eaux minérales sur la glycémie et l'indice chromatique résiduel, *C.R. Soc. Biol.*, 1934 et *Bull. Ac. de Méd.*, 1934.
73. MESTRIES E. — Le traitement thermal du diabète depuis l'insuline. Indications de La Bourboule. Thèse de Paris, 1936.
74. MAUREL. — Etude médicale sur La Bourboule, 1901.
75. NICOLAS. — Les coloniaux aux eaux minérales de La Bourboule, 1908.
76. HUCHARD et FIESSINGER. — Clinique thérapeutique, 1912.
77. BOUDRY J. — Quelques analyses de sang comme suite à la cure bourboulienne dans les anémies, 1912.
78. BOUDRY A. — Le traitement du paludisme à La Bourboule. Thèse de Paris, 1924.
79. MARIAN. — Traitement des paludéens rapatriés par les eaux de La Bourboule. Thèse de Paris, 1936.

80. JUMON. — Action de l'arsenic thermal sur la croissance. *Soc. hydr. et de clim. méd. de Paris*, 3 mars 1947.
81. GRANDPIERRE. — Contribution à l'étude expérimentale des eaux de La Bourboule. Thèse de Lyon, 1929.
82. CANY G. — Le débit gazeux des eaux thermales à La Bourboule, 1911.
83. CLOGNE, COURTOIS (Mlle A.) et PIERRET R. — Contribution à l'étude des eaux de La Bourboule. *Ann. Inst. hydr. et clim.*, janvier 1932, t. 7, p. 273.
84. GASTOU et FERREYROLLES. — Contribution à l'étude des propriétés biophysiques des eaux de La Bourboule. Note à l'Ac. de Méd., 25 mai 1912.
85. LEPAPE A. — Les données numériques actuelles sur la radioactivité des sources thermales françaises. *Ann. de l'Inst. hydr. et de clim. de Paris*, t. II, n° 1.
86. BERNARD F. — De l'action physiologique et thérapeutique des eaux de La Bourboule, 1893.
87. HEULZ et CATHELINÉAU. — Essai de chimie biologique appliquée à l'étude de l'action physiologique et thérapeutique des eaux minérales de La Bourboule, 1894.
88. ALOY et BRU. — Action de l'eau de La Bourboule sur la nutrition. *Presse therm. et clim.*, 30 août 1922 et *Presse Médicale*, 22 octobre 1921.
ALOY et BRU. — Action physiologique des eaux de La Bourboule. *Presse therm. et clim.*, 30 novembre 1922.
89. SAUZET E. — Contribution à l'étude de l'action pharmacodynamique des eaux minérales de La Bourboule. Thèse de Lyon, 1928.
90. PROUST. — Action hypoglycémiant des eaux de La Bourboule. Etude expérimentale du rôle de la radioactivité. Thèse de Lyon, 1930.
91. CLOGNE et DRILHON (Mme). — Des rapports de l'oxygénation des eaux minérales de La Bourboule (Source Choussy) avec la glycémie du lapin. *Presse therm. et clim.*, août 1933.
CLOGNE, DRILHON (Mme) et RONEZ (Mlle E.). — Essai d'étude physiologique des eaux minérales de La Bourboule et du Mont-Dore. *Ann. Inst. hydr. et clim.*, t. X, page 74, 1935.
92. BILLARD et FERREYROLLES. — Recherches expérimentales sur la tolérance des eaux de La Bourboule, 1905.
BILLARD et FERREYROLLES. — Les eaux de La Bourboule en injections sous-cutanées, *C.R. Soc. de Biol.*, 21 novembre 1908.
BILLARD et FERREYROLLES. — Les eaux minérales en tant que sérums artificiels. Congrès d'hydr. d'Alger, 1909.
93. BILLARD G. — Phylaxie non spécifique. Phylaxie par certaines eaux minérales. *Progrès Médical*, n° 20, 1927. La Phylaxie. *Journal de Phys. et de Patho. gén.*, 1928, p. 43.
94. FERREYROLLES, MONOD, BOUCOMONT. — La phylaxie : pouvoir phylactique des eaux minérales françaises. *Soc. hydr. et de clim. méd. de Paris*, 23 mars 1931.
95. DUBAUD P. — Pourvoir phylactique des eaux minérales françaises. Thèse de Paris, 1933.
96. FERREYROLLES. — Immunité générale acquise consécutive à l'injection de l'eau de La Bourboule. *Soc. hydr. et de clim. méd. de Paris*, 3 février 1919.

- FERREYROLLES. — Physiologie expérimentale, ou la défense de l'organisme par l'eau minérale. *Paris Médical*, 19 mars 1927.
97. BILLARD et FERREYROLLES. — Pouvoir antianaphylactique des eaux de Royat et de La Bourboule. *Progrès méd.*, 22 octobre 1921.
98. BOURGUET (Mlle). — De l'emploi thérapeutique des eaux de La Bourboule en injections intratissulaires et en particulier de leur action désensibilisatrice. Thèse de Montpellier, 1929.
99. VALETTE. — Etude clinique et expérimentale de l'action de l'eau de La Bourboule. *Soc. hydr. et de clim. méd. de Paris*, 20 janvier 1930, p. 388.
100. PIERY M., MILHAUD M., BACHMANN et GERBAY A. — Action comparée de quelques eaux minérales transportées sur la sécrétion biliaire chez le chien. Nouvelles recherches expérimentales. *Presse Médicale*, 1^{er} mars 1939, p. 329.
101. GODONNÈCHE, GLOGNE, Mlles DRILHON et RONEZ. — Modifications hématologiques, particulièrement leucocytaires, de la cure arsenicale de La Bourboule. *Presse therm. et clim.*, 15 juillet 1936, p. 461.
102. MILHAUD, SAUZET et GERBAY. — Action de La Bourboule (Source Choussy) sur l'anémie expérimentale du lapin (anémie saturine), *Presse therm. et clim.*, 15 mars 1939, p. 185.
- 102 bis SANTENOISE, MERKLEN, FRANCK, VIDACOVITCH et GRANPIERRE R. — L'étude physiologique de l'action des eaux minérales. I. Le problème du mode d'action des eaux minérales. *Ann. Inst. hydr. et clim.*, 1945, t. XVI, p. 121.
II. Démonstration expérimentale de l'action des eaux minérales sur l'organisme. *Ann. Inst. hydr. et clim.*, 1945, t. XVI, p. 193.
103. VILLARET et JUSTIN-BESANÇON. — Méthode générale d'études pharmacodynamiques de l'action des eaux minérales sur l'innervation végétative des muscles lisses. *Ann. Soc. hydr. et de clim. méd. de Paris*, 20 janvier 1930.
- VILLARET et JUSTIN-BESANÇON. — Séance solennelle de la Société d'hydrologie et de climatologie médicales de Paris, 7 août 1930 et Rapport au XIII^e Congrès international d'hydrologie, climatologie et géologie médicales de Lisbonne, octobre 1930.
- VILLARET et JUSTIN-BESANÇON. — Crénothérapie et spasme musculaire lisse. *Presse therm. et clim.*, 1930, p. 776.
- VILLARET et JUSTIN-BESANÇON. — Méthode d'hydrologie expérimentale applicable à l'étude de l'action des eaux minérales sur le système nerveux végétatif. *Soc. hydr. et de clim. méd. de Paris*, 17 mars 1930 et *Presse therm. et clim.*, 1930, p. 833.
- VILLARET et JUSTIN-BESANÇON. — Hydrologie expérimentale. Masson et C^{ie}, édit., Paris, 1933.
- VILLARET et JUSTIN-BESANÇON. — La pharmacodynamie hydrologique. Ses buts, ses techniques et ses résultats. *Presse médicale*, 1935, n° 2, p. 18.
104. JUSTIN-BESANÇON. — Sympathique et physiologie expérimentale. *Gazette Médicale de France*, 1934, n° 18, p. 921.
105. VILLARET, JUSTIN-BESANÇON et VÉXÉNAT. — *Ann. Soc. hydr. et clim. méd. de Paris*, t. 70, p. 327.
106. VÉXÉNAT. — La bronche isolée. Recherche de physiologie et d'hydrologie expérimentale. Thèse de Paris, 1929.
107. PIERRET R. et BURSTEIN M. — Eau de La Bourboule et bronchospasme expérimental. *Presse thermale et climatique*, 1939.

108. VILLARET M., DELTHOISE (Mlle), et JUSTIN-BESANÇON. — Le ventricule isolé d'*Helix Pomatia*, test pratique d'étude biologique des eaux minérales. *Ann. Soc. hydr. et de clim. méd. de Paris*, t. 71, p. 82.
109. VILLARET, JUSTIN-BESANÇON L. et MARCOTTE A.
I. — L'intestin isolé de lapin, son emploi en hydrologie expérimentale.
II. — Etude analytique de quelques eaux minérales sur l'intestin isolé du lapin, p. 229 et 233 des *Ann. de la Soc. hydr. et de clim. méd. de Paris*, t. 71.
110. CAMUS J. — Technique d'hydrologie expérimentale applicable à l'étude de l'action pharmacodynamique des eaux minérales sur les muscles lisses. Thèse de Paris, 1931.
111. PIERRET R. — Recherches expérimentales de l'eau de La Bourboule Choussy sur quelques organes à muscles lisses. Premier essai sur l'intestin isolé du lapin. *Ann. Inst. hydr. et de clim.*, 1938, t. 12, p. 69.
112. ROUX. — Contribution à l'étude physiologique des eaux minérales. Thèse de Strasbourg, 1941.

II. — L'exploration fonctionnelle de la Ventilation pulmonaire

113. HUTCHINSON J. — On the capacity of the lungs and on the respiratory functions with a view of establishing a precise and easy method of detecting disease by the spirometer. *Med. Clin. Trans.*, XXIX, 1846, p. 137.
114. VIERORDT und LUDWIG. — *Arch. für Physiol. Heilk.* Stuttgart, 1855, p. 253-278.
115. HECHT. — Essai sur la spirométrie. Thèse de Strasbourg, 1855.
116. SCHNEPF. — Capacité vitale des poumons. Rapports avec les maladies de poitrine, 1858.
117. GRÉHANT. — Recherches physiologiques sur la respiration de l'homme. Thèse de Paris, 1869 et la *Revue Scientifique*, 26 août 1871.
118. MAREY. — Etudes graphiques des mouvements respiratoires et des influences qui les modifient. *Journ. de l'An. et de la Physiol.*, 1865, II, p. 425-453.
119. HALDANE and PRIESTLEY. — *Journ. of Phys.*, 32, 1905, p. 225.
HALDANE and PRIESTLEY. — *Respiration*, New Haven, 1921.
120. BENEDICT and MILNER. — *U.S. Dept. Agric. Exper. Stations Bull.*, 175, 1907.
BENEDICT. — *Ann. Journ. of Phys.* XXIV, 1909, p. 345.
121. BOHR. — *Skand. Arch. für Phys.*, XVII, 1905, p. 104.
BOHR. — *Deutsch Arch. für Klin. Med.*, LXXXVIII, 1906-07, p. 385.
BOHR, HASSELBACH und KROGH. — *Skand Arch. f. Phys.*, XVI, 1904, p. 402.
122. BARCROFT and HALDANE. — *Journ. of Phys.*, XXVIII, 1902, p. 232.
BARCROFT and HILL. — *Bioch. Journ.*, VII, 1913, p. 471 et 481.
BARCROFT. — *The Respiratory function of the blood*, Cambridge, 1914.

- BARCROFT and BINGER. — *Phil. Trans. Roy. Soc. Série B*, CCXI, 1922, p. 351.
123. HILL. — *Journ. of Physiol.*, XLVI, 1913, p. 28.
HILL. — *Bioch. Journ.*, VII, 1913, p. 471.
124. PEABODY. — *Arch. Int. Med.*, XVI, 1915, p. 846 et 955.
PEABODY and WENTWORTH. — *Arch. Int. Med.*, XX, 1917, p. 443.
PEABODY and STURGIS. — *Arch. Int. Med.*, XXVIII, 1921, p. 501.
PEABODY. — *North. Med.*, oct. 1922.
125. KROGH. — *The Respiratory Exchange in Animals and Man*, London, 1916.
KROGH. — *Journ. of Physiol.*, LII, 1919, p. 409 et 457; LIII, 1920, p. 399; LV, 1921, p. 412.
KROGH. — *C.R. Soc. Biol.*, LXXXVII, 1922, p. 460.
126. VAN SLYKE. — *Physiol. Rev.*, I, 1921, p. 141.
VAN SLYKE. — *Journ. Biol. Chem.*, XLVIII, 1921, p. 153.
VAN SLYKE and CULLEN. — *Journ. Biol. Chem.*, XXX, 1917, p. 343.
127. BINET et BOURGEOIS. — Exploration clinique de la fonction respiratoire. L'épreuve du maximum d'apnée volontaire. *Presse Médicale*, 12 juin 1920, n° 39, p. 381.
BINET et H.-R. OLIVIER. — L'étude de la respiration. Etude physio-pathologique. *Ann. de Méd.*, 1926, p. 666.
128. OLIVIER H.-R. — Etudes de la fonction respiratoire au cours de la tuberculose pulmonaire. Thèse de Paris, 1928.
OLIVIER H.-R. et BRETEY. — Air alvéolaire et débit cardiaque. *C.R. Soc. Biol.*, 1930, t. 105, p. 278.
OLIVIER H.-R. et BRETEY. — Présentation d'une valve respiratoire pour obtenir l'air alvéolaire en vue de la mesure du débit cardiaque. *C.R. Soc. Biol.*, 1930, t. 105, p. 280.
OLIVIER H.-R. et SKLADAL. — Contribution à l'étude de l'épreuve de l'apnée volontaire au cours de la tuberculose pulmonaire. *C.R. Soc. de Biol.*, t. 101, 1938, p. 1089.
129. FLEISCH. — *Pflüg. Arch.*, 209, 1925, p. 713.
130. HENDERSON and HAGGARD. — *Journ. Biol. Chem.*, XXXIII, 1918, p. 333.
HENDERSON and HAGGARD. — *Journ. of Physiol.*, LIX, 1925, p. 71.
131. ANTHONY. — Technic of Spirometry. *Beitr. Z. Klin. D. Tbk.*, 1927, p. 711-724.
132. BRAUER. — Die respiratorische Insuffizienz. *Verh. Disch. ges. inn. Med.*, 44, 1932, p. 120.
133. KNIPPING. — *Beiträge Z. Klin Tbk.*, 84, 1934, p. 445.
KNIPPING. — *Beiträge Z. Klin Tbk.*, 92, 1938-39, p. 144.
KNIPPING. — *Beiträge Z. Klin Tbk.*, 97, 1941-42, p. 176 et 98, 1942, p. 162.
134. GOIFFON, PARENT et WALTZ. — Etudes de spirométrie clinique. L'épreuve de dyspnée provoquée en vase clos. *An. de Méd.*, 35, 1934, p. 362 et 36, 1934, p. 57.
135. FRENCKNER, BJORKMAN and CRAFOORD. — *Acta oto-laryng.*, 1934, suppl. 20.
BJORKMAN. — Om Bronchospirométrie. Stockholm 1934. A.B. Fahlérantz, édit.
- JACOBUS. — De la bronchospirométrie, VIII. Congrès international de la tuberculose à Marseille, 1935, t. 11, Masson éd., Paris.
136. LAMBERT, BERRY, Cournand and Richards. — Pulmonary and circulatory functions before and after thoracoplasty, *J. thor. Surg.*, 7, 1937-38, p. 202.

137. KALTREIDER and Mac CANN. — Respiratory response during exercise in pulmonary fibrosis and emphysema. *Journ. Clin. Inv.*, 1937, p. 23.
138. WHITEHEAD and MILLER. — Evaluation of respiratory function. *Amer. Rev. Tub.*, 341, Janv. 1940, p. 111.
139. Cournand and Richards. — Pulmonary insufficiency. *Amer. Rev. Tub.*, 1941, 44, p. 26.
140. SILVERMAN L., LEE R. C. and DRINKER. — A new method for studying breathing, with observations upon normal and abnormal subjects. *J. Clin. Inv.*, 23, 1944, p. 907.
LEE and SILVERMAN. — An apparatus for measuring air flow during inspiration. *Rev. Sci. Inst.*, 14, p. 174. 1943.
141. MICHAUD. — La fonction pulmonaire et son insuffisance. *Journ. méd. de Leysin*. XVI, 1946, p. 60.
142. JÉQUIER-DOGE. — Spirométrie au repos et à l'effort chez les sportifs, Av. 1946, Berne.
JÉQUIER-DOGE. — Examen fonctionnel des tuberculeux pulmonaires au repos et à l'effort. *Semaine des Hôpitaux*, XXII, juillet 1946, p. 1161.
JÉQUIER-DOGE. — A propos des épreuves de fonction pulmonaire à l'effort. X^e Congrès national de la tuberculose. Strasbourg, mai 1948.
143. ROSSIER et WIESINGER. — *Schw. Med. Wschr.*, 1947, t. 77, p. 178.
ROSSIER et WIESINGER. — Fonction pulmonaire et physiopathologie. *Revue de la tuberculose*, t. 12, n° 7-8, 1948, p. 461.
144. BIRATH. — Thèse de Stockholm, 1944.
BIRATH. — *Act. Med. Scand.*, 1944, n° 154.
BIRATH. — Etude sur le volume de la ventilation des poumons. Epreuve fonctionnelle. *Revue de la tuberculose*, 1946, t. 10, n° 11-12, p. 717.
145. DAUTREBANDE, DAVIES and MEAKINS. — *Heart*, X, 1923, p. 133.
DAUTREBANDE et DAVIES. — *C.R. Soc. Biol.*, 88, 1923, p. 647.
DAUTREBANDE. — Les échanges respiratoires. Paris, Presse Univ. de France, éd. 1930.
DAUTREBANDE. — *Arch. intern. pharmacodynamiques*, 1941, LXI, n° 2, p. 138.
DAUTREBANDE et PHILIPPOT. — *Presse Médicale*, 1942, p. 767-770.
146. RIST. — Les symptômes de la tuberculose pulmonaire. Paris, Masson édit., 1943.
147. ARNAUD, TULOU et MÉRIGOT. — L'exploration de la fonction pulmonaire. Masson édit., 1947.
148. TIFFENEAU et BEAUVALLET (Mlle). — Production exclusive d'effets pulmonaires locaux par inhalations d'aérosols d'acétylcholine. Son utilisation comme test d'insuffisance respiratoire. *Sem. des Hôp.*, 15 février 1945.
149. CARA. — Evolution de la technique spirographique. *Paris méd.*, 8 nov. 1947, p. 533.
CARA. — Les syndromes fonctionnels et leur thérapeutique en pathologie respiratoire. *Jour. des Praticiens*, 10 août 1948, p. 469.
150. SANTENOISE, BENEIX (Mlle), GUILHEM, PETIT-MAIRE et ROCHE (Mlle). — Exploration fonctionnelle des centres respiratoires dans la tuberculose pulmonaire. X^e Congrès national de la tuberculose, Strasbourg, mai 1948.
151. SANTENOISE et GUILHEM. — Etude physiologique de l'action des

- cures hydrominérales sur le terrain asthmatique. *Soc. hydr. et de clim. méd. de Paris*, 1^{er} mars 1948.
152. DAVY. — Researches chiefly concerning Nitrous Oxide, London, 1800.
153. PANUM. — *Arch. ges. Physiol.*, I, 1868, p. 125.
154. TIFFENEAU et PINELLI. — Air circulant, air captif dans l'exploration de la fonction ventilatrice pulmonaire. *Journ. des Praticiens*, 27 déc. 1947, p. 624-628.
155. BINGER and BROW. — *Journ. of Exp. Med.*, XXXIX, 1924, p. 677.
156. CHRISTIE. — The lung volume and its subdivisions : methods of measurements. *Journ. of Clin. Inv.*, N.Y., 1932, p. 1099-1118.
157. LUNDGAARD and SCHIERBECK. — *Act. med. Scand.*, LVIII, 1923, p. 541 et *Amer. Journ. of Physiol.*, LXIV, 1923, p. 210.
158. DELEZENNE. — Recherches sur la physiologie de la respiration pendant la grossesse. *Bull. Méd. du Nord*, 1894, XXXIII, p. 401.
159. LANGLOIS. — Tapis roulant pour l'étude de la marche et du travail. *C.R. Ac. des Sciences*, 6 juin 1921.
160. ACHARD et BINET. — Examen fonctionnel du poumon. Paris, Masson éd., 1922.
161. LANGE. — Recherches sur la ventilation pulmonaire chez l'homme normal et chez le malade. Thèse de Paris, 1922.
162. PECH J.-L. — Masque manométrique. Thèse de Montpellier, 1920.
PECH J.-L. — *C.R. Soc. de Biol.*, 15 mai 1920, p. 735, n° 83.
PECH J.-L. — La notion du débit respiratoire maximum. *Presse Méd.*, 2 février 1921, p. 93.
163. CHABROL. — Insuffisance respiratoire. Des diverses méthodes d'examen et de traitement. Thèse de Paris, 1921.
164. SICARD R. — Moyens d'exploration fonctionnelle de la respiration chez l'enfant. Thèse de Paris, 1922.
165. GUÉS. — La mesure du débit respiratoire maximum à l'état normal et pathologique par la méthode et le masque manométriques de Pech. Thèse de Paris, 1922.
GUÉS. — L'insuffisance respiratoire et ses applications en physiologie et en pathologie pulmonaires. *Journ. de Méd.*, 1923, p. 353.
166. LANIEZ. — Etat physique et fonction respiratoire chez les ptosiques. Thèse de Lille, 1924.
167. HERMANSEN J. — *Ztschr. f. d. Ges. exp. Med.*, 90, 1933, p. 130.
168. BOHME. — *Arch. f. Gewerbepath. und Gewerbeschhygiene*, IX, 1938, p. 22.
169. WALTZ. — L'insuffisance réflexe de la ventilation pulmonaire. Thèse de Paris, 1934.
170. GOIFFON. — La capacité vitale réflexe, sa mesure. *C.R. Soc. de Biol.*, 16 janv. 1928.
171. LAURENTIN. — Contribution à l'étude de l'insuffisance respiratoire dans la sclérose pulmonaire. Thèse de Paris, 1938.
172. LIGNAC. — Contribution à l'étude des phénomènes respiratoires en circuit fermé. Thèse de Paris, 1938.
173. TULOU. — L'exploration de la fonction respiratoire. Exploration globale, exploration des poumons séparés. Thèse de Paris, 1943.
174. ORNSTEIN, FRIEDMAN, FRIEDLANDER and HERMAN. — *Am. Rev. Tub.*, 1946, 53, n° 4, p. 306-332.
175. WARRING. — Ventilatory Function. *Am. Rev. Tub.*, 1945, n° 5, p. 432.

176. PINELLI. — Facteurs bronchiques et alvéolaires de la ventilation pulmonaire. Thèse de Paris, 1947.
177. ARNOLD et WERNER. — Intérêt de la ventilation maxima dans l'appréciation de la fonction respiratoire. X^e Congrès national de la tuberculose, Strasbourg, mai 1948.
178. TIFFENEAU et PINELLI. — Capacité maxima à l'effort. Test pour l'exploration de la fonction ventilatrice pulmonaire. X^e Congrès national de la tuberculose à Strasbourg, 14 mai 1948.
179. SABRAZÈS. — La durée maxima de la pause apnéique volontaire. *Gaz. hebd. des Sc. méd. de Bordeaux*, 2 février 1902.
180. BOURGEOIS. — Epreuve du maximum d'apnée volontaire. Thèse de Paris, 1920.
181. AMPHOUX. — Contribution à l'étude de l'apnée volontaire. Thèse de Bordeaux, 1934.
182. PERRIN. — Contribution à l'étude de l'apnée avec effort chez l'homme. Thèse de Bordeaux, 1937.
183. MONOD et CARA. — Etude de la fonction mécanique de l'appareil respiratoire. Mesure simple de l'air résiduel. *C.R. Soc. de Biol.*, 1945, p. 565.
184. ROUSSELOT. — Les séquelles des intoxications par les gaz de combat. Thèse de Paris, 1919.
185. JOSEPH-LAFOSSE. — Contribution à l'étude clinique de l'emphyse pulmonaire. Thèse de Paris, 1921.
186. NOUVION. — Capacité vitale et force respiratoire. Y a-t-il un automatisme pulmonaire ? Thèse de Paris, 1926.
187. DARLING, COUNNAND and RICHARDS. — Study on the intrapulmonary mixture of gases. III. On open circuit method for measuring residual air. *Journ. of Clin. Inv.*, Juillet 1940, XIX, p. 609.
188. HARTER, OVERHOLT and PERKIN. — The lung volume after thoracoplasty. *Jour. thor. Surg.*, 7, 1937-38, p. 290.
189. LIAN, BARAIGE, DANNIER et DESCLAUX. — Le coefficient de ventilation pulmonaire d'épreuve (épreuve fonctionnelle d'aptitude à l'effort). *Presse Médicale*, 1940, 11, p. 993-999.
190. VERDIN. — Présentation d'un spiromètre. *C.R. Soc. Biol.*, 25 juin 1887, p. 405.
191. CHÉRON. — Examen fonctionnel respiratoire. La spirométrie. Paris, Maloine 1929; et l'examen fonctionnel respiratoire. Thèse de Strasbourg, 1930.
192. BENEDICT. — A portable respiration apparatus for clinical use. *Boston Med. and surg. Journ.*, 1918, 178, p. 667.
193. ARNOLD. — Uber die Atmungsgrosse des Menschen, Heidelberg, 1855.
194. RENÉ A. — Relations qui existent entre la taille, la capacité vitale... *Gazette des Hôpitaux*, 1880, p. 1202.
195. STILES and GRAVES. — U.S. Public Health reports, Reprint 306, 1915.
196. EMERSON and GREEN. — *Am. Journ. Dis. Child.*, XXII, 1921, p. 202.
197. STEWART. — *Am. Journ. Dis. Child.*, XXIV, 1922, p. 451.
198. WILSON and EDWARDS. — *Journ. Amer. Med. As.*, LXXVIII, 1922, p. 1107.
199. BINET. — Les coefficients respiratoires chez l'enfant. *Bull. méd.*, 1922.
200. MUNFORD and YOUNG. — *Biometrika*, XV, 1923, p. 109.
201. PROTITCH T. — La capacité pulmonaire apparente (capacité vitale

- d'Hutchinson). Sa valeur comme critère fonctionnel. Thèse de Nancy, 1925.
202. D'HEUCQUEVILLE. — L'acte respiratoire. Essai sur la rééducation respiratoire. Thèse de Paris, 1910.
- D'HEUCQUEVILLE. — Comment pratiquer l'examen d'un insuffisant respiratoire ? *L'Hôpital*, n° 19, 1919, p. 20.
203. REYNIER P. — La capacité vitale chez les cardiopulmonaires. Thèse de Paris, 1927.
204. LÉVY B. — La capacité vitale des poumons chez les gens âgés. *Centralbl. für inn. Med.*, n° 18, LIV, 6 mai 1933.
205. SIMON M.-F.-H. — Contribution à l'étude de la ventilation pulmonaire apparente dans quelques dyspnées cardiaques et pulmonaires. Thèse de Nancy, 1934.
206. GUILLON P. — Etude de la capacité vitale en fonction de la taille, du poids et de la surface corporelle du corps chez l'enfant et l'adulte. Thèse de Bordeaux, 1936.
207. LEMON and MOERSCH. — Factors influencing vital capacity. *Arc. Int. Med.*, XXXIII, 1924, p. 118.
208. PIOLTI. — Recherches sur la capacité vitale pulmonaire, ses relations avec certaines mesures du corps suivant les races. *Bull. Méd.*, 1930, p. 198.
209. ROBIN R. — Essai sur l'insuffisance, le contrôle et l'éducation respiratoire de l'enfant. Thèse de Lyon, 1937.
210. PESCHER R. — La spiropneumographie dans les maladies des voies respiratoires. *La Médecine*, 1^{re} année, n° 8, p. 504, mai 1920.
- PESCHER R. — L'entraînement respiratoire par la méthode spiropneumographique. Paris, Maloine éd., 1928.
211. HERMANSSEN J. — *Beiträge Z. Klin. Tub.*, 96, 1941, p. 449.
212. LANDEN. — *Beiträge Z. Klin. Tub.*, 95, 1940, p. 681 et 99, 1943, p. 264.
213. BARBÈS L. — Indice de la puissance de ventilation pulmonaire. Thèse de Toulouse, 1919.
214. DUSSERT. — Respiration et collapsus dans la tuberculose pulmonaire. Thèse de Bordeaux, 1936.
215. WEST. — *Arch. Int. Med.*, XXV, 1920, p. 306.
216. CHRISTIE and ARGYL J., BEAMS. — The estimation of normal vital capacity with especial reference to the effect of posture. *Arch. of Int. Med.*, XXX, 15 juillet 1922, p. 910 et p. 34.
217. RABINOWITCH. — *Arch. Int. Med.*, XXXI, 1923, p. 910.
218. GUICHARD. — Valeurs comparées des différents éléments de la capacité vitale. Thèse de Bordeaux, 1935.
219. LESAGE. — Exploration fonctionnelle des poumons par les épreuves pharmacodynamiques de bronchoconstriction et de broncodilatation. Thèse de Paris, 1945.
220. WITTICH, MYERS and JENNINGS. — *J. Am. Med. As.*, LXXV, 1920, p. 1249.
221. LOUSTAU D. — Contribution à l'étude de la capacité vitale et de la richesse du sang en hématies chez les montagnards. Thèse de Bordeaux, 1937.
222. PRATT. — *Am. Journ. Med. Sci.*, CLXIV, 1922, p. 819.
223. EDWARDS and WILSON. — *Arch. Int. Med.*, XXX, 1922, p. 638.
224. JOANNIDES. — *Arch. Int. Med.*, XXXIII, 1924, p. 145.
225. ARTHUS. — Précis de Physiologie, 1920.
226. FABRE et GUICHARD. — Les différents éléments de la capacité vitale. *Gaz. heb. des Scien. méd. de Bordeaux*, novembre 1935.
227. BEAUVIS. — Nouveaux éléments de Physiologie, 1881.

228. MORAT et DOYON. — *Eléments de Physiologie*. Masson, édit., Paris, 1900, p. 105.
229. LAULANIÉ. — *Eléments de Physiologie*, 1905, p. 348.
230. GLEY. — *Traité de Physiologie*. J.-B. Baillières, édit., Paris, 1918.
231. PETZOLD. — *Beiträge Z. Klin. Tub.*, 98, 1942, p. 552 et 591.
232. RUBOW V. — *Deutsche Arch. für Klin. Med.*, 1903, p. 102.
233. BITTFORD und FORSBACH. — *Zeitschr. für Klin. Med.*, 1910, p. 70.
234. SIEBECK R. — *Deutsche Arch. für Klin. Med.*, 1910.
235. OPITZ. — *Jour. Am. Med. Ass.*, LXXVIII, 1922, p. 1686.
236. BINGER. — *Journ. of Exp. Med.*, XXXVIII, 1923, p. 445.
237. ERARD. — Etude de la capacité vitale chez les cardio-pulmonaires. Thèse de Paris, 1925.
238. TEMPELHOFF. — Etude la capacité vitale chez les cardiaques. Thèse de Strasbourg, 1939.
239. GARVIN, LUNDGAARD and VAN SLYKE. — *Journ. of Exp. Med.*, XXVII, 1918, p. 65.
240. DREYER and BURRELL. — *Lancet*, 1920, p. 1212.
241. MYERS. — *Arch. Int. Med.*, XXX, 1922, p. 648 et *Am. Rev. of Tub.*, VII, 1923, p. 161.
242. DUMARET et LELONG. — Recherches expérimentales sur la récupération de la capacité respiratoire chez les sujets traités par le pneumothorax artificiel. *Revue de la Tuberculose*, avril 1921.
243. HURTADO, FRAY and Mac CANN. — Studies of total pulmonary capacity and its subdivisions. *Jour. Clin. Inv.*, 13, 1934, p. 169.
244. ROELSEN and BAY. — Investigations of the lung functions in silicotics. *Acta Med. Scand.*, 103, 1940, p. 56.
245. ZORN und MUSCHALLIK. — *Beiträge Z. Klin. Tub.*, 91, 1941, p. 44.
246. VERNEIGES. — La silicose. Influence du facteur bronchique dans l'insuffisance respiratoire. Thèse de Paris, 1947.
247. JEQUIER et MENGIS. — *Sch. Med. Woch.*, 25 juin 1938, p. 748.
248. ROSENTHAL. — *Bull. de la Soc. de l'Int.*, juin 1913.
249. DOUAY. — Le thorax et l'emphysème. Thèse de Paris, 1914.
250. CREYX. — Quelques éléments de la mécanique respiratoire chez les emphysémateux. *C.R. Soc. de Biol.*, 1920, p. 543.
251. CÉLICE. — Les facteurs de dyspnée dans les scléroses pulmonaires et l'emphysème. Etude critique des diverses méthodes d'exploration fonctionnelle du poumon. Thèse de Paris, 1927.
252. MÉDIONI. — Dyspnée et crises asthmatiformes chez les scléreux pulmonaires et les emphysémateux. Thèse de Paris, 1939.
253. ANTHONY. — *Beiträge Z. Klin. der Tub.*, 95, 1940, p. 192.
254. MALAMOS. — *Beiträge Z. Klin. Tub.*, 92, 1938-39, p. 225.
255. ZAEPEL und WOLF. — *Beiträge Z. Klin. Tub.*, 1938-39, p. 487.
256. CHADOURNE. — *Sem. des Hôp.*, n° 25, 7 juillet 1946, p. 1159.
257. SCALORI et BATIER. — *Soc. Méd. du Bas-Rhin*, avril 1923.
258. ANTHONY. — *Deutsch. Arch. Klin. Med.*, 1930.
259. LIEBERMEISTER und SCHOOP. — Thieme, Leipzig, 1931.
260. MYERS, LE ROY and MAEDER. — The vital capacity of the lungs of 419 firemen. *Arch. Int. Med.*, février 1925.
261. HEWLETT and JACKSON. — *Arch. Int. Med.*, XXIX, 1922, p. 515.
262. DUPONT. — Equivalent du poids et de la capacité respiratoire. *C.R. Soc. de Biol.*, 27 décembre 1902, p. 1538.
263. AMAR. — Courbe de la ventilation pulmonaire. *Bull. Acad. des Sci.*, 14 avril 1919.
264. DREYER. — *Lancet*, 11, 1919, p. 227.

265. MEAKINS and DAVIES. — Respiratory function in disease. Oliver and Boyd ed., London, 1925.
266. SPEHL. — La lutte contre la tuberculose pulmonaire. Bruxelles, 1919.
267. CORDIER, DELORE et HASSLER. — Notes sur quelques coefficients permettant d'évaluer le fonctionnement respiratoire et la robustesse de l'individu sain et tuberculeux. *Soc. Méd. des Hôp. de Lyon*, 21 février 1922 et thèse de Hassler, Lyon, 1922.
268. LAMBOLEZ. — Les procédés physiques d'exploration de la fonction pulmonaire. *Biol. Méd.*, février 1928.
269. CAUSSADE, GUILLAUME et EVRARD. — Contribution à l'étude de la capacité vitale chez les cardio-pulmonaires. *Soc. Méd. des Hôp. de Paris*, 1926, t. I, p. 542.
270. BILLARD. — L'indice de la puissance de la ventilation pulmonaire, ses variations individuelles. *C.R. Soc. Biol.*, 1918, p. 86.
271. FABRE et ESCALLE. — Détermination indirecte de la capacité vitale chez l'homme. *C.R. Soc. Biol.*, 1933, t. 112, p. 329.
272. ANTHONY. — *Beiträge Z. Klin. Tub.*, 91, 1938, p. 222.
273. BINET. — Remarques physiologiques sur la capacité respiratoire vitale. *Soc. Méd. des Hôp. de Paris*, 16 avril 1926, t. I, p. 579.
274. HURTADO and FRAY. — *Journ. of Clin. Inv.*, 12, 1933, p. 807.
275. STROHL. — Etude comparative des divers procédés d'exploration de la capacité respiratoire. *Jour. de Physiol. et de Pathol. gén.*, 1919, XVIII, n° 2, p. 258.
276. MATHIEU et ETIENNE. — De la ventilation pulmonaire apparente. *C.R. Soc. Biol.*, 1925, t. 93, p. 768.
- MATHIEU, PROTITCH et SCHEAFFERY. — De la ventilation pulmonaire apparente. Variabilité des mesures absolues et relatives de la capacité vitale. *C.R. Soc. Biol.*, 1926, t. 94, p. 77.
277. Mac INTOSH. — Respiratory physiology in thoracic surgery. *Ann. Surg.*, 102, 1935, p. 961.
278. BRUGNE. — Etude du pouvoir pneumodilatateur des aérosols de l'Eau de Luchon. Thèse de Pharmacie, Toulouse, 1947.
279. HAMBURGER, HALPERN et DEGEORGES.
- I. — L'épreuve du débit expiratoire moyen. *Ann. Méd.*, 1948, p. 173.
- II. — Etude pharmacodynamique de la médication bronchodilatatrice. *Ann. Méd.*, 1948, p. 179.
280. VILLARET, PASTEUR-VALLERY-RADOT, L. JUSTIN-BESANÇON et CLAUDE. Recherches sur les crises provoquées chez les asthmatiques par certains esters de la choline. *C.R. Soc. Biol.*, 1934, t. 116, p. 1343.
- VILLARET, PASTEUR-VALLERY-RADOT, L. JUSTIN-BESANÇON et CLAUDE. Crises asthmatiques expérimentales provoquées par l'administration de vagomimétiques après irritation pulmonaire. *C.R. Soc. Biol.*, t. 124, p. 1308.
281. TIFFENEAU R. et BEAUVALLET (Mlle).
- I. — Effets directs et indirects d'un bronchospasme léger. *C.R. Soc. Biol.*, 138, 11 mars 1944, p. 177.
- II. — Influence des actions vasomotrices de l'acétylcholine sur les effets bronchopulmonaires de cette substance. *C.R. Soc. Biol.*, 138, 10 juin 1944.
- III. — Effets locaux et généraux des aérosols acétylcholiniques. Rôle de la destruction intra-pulmonaire de l'acétylcholine. *C.R. Soc. Biol.*, juillet 1944.
- IV. — Bronchoconstriction par aérosols acétylcholiniques. Test pour la mesure de l'insuffisance respiratoire.

- Bull. et Mém. Soc. Méd. des Hôp. de Paris*, 9 mars 1945.
- V. — Bronchodilatation par aérosols adrénaliniques. Mise en évidence du caractère irréversible de l'insuffisance respiratoire. *Bull. et Mém. de la Soc. Méd. des Hôp. de Paris*, 9 mars 1945.
- VI. — Epreuves de bronchoconstriction et de broncodilatation. Emploi pour le dépistage, la mesure et le contrôle des insuffisances respiratoires chroniques. *Bull. de l'Ac. de Méd.*, 20 mars 1945.
- VII. — Rôle respectif des processus bronchomoteurs et vasomoteurs dans la production de la crise d'asthme. *Paris Médical*, 30 mars 1945, p. 54.
- VIII. — Caractère réversible de l'insuffisance respiratoire permanente apparemment subordonnée à un substratum organique indélébile. *Presse Méd.*, avril 1945, p. 219.
282. TIFFENEAU. — Emphysème pulmonaire et dilatation alvéolaire fonctionnelle. *Presse Médicale*, 1946, p. 589.
- TIFFENEAU et SCHREINER. — Emphysème pulmonaire d'origine bronchique. Etude physiopathologique. *Le Poumon*, II, p. 375-384, novembre 1946.
283. TIFFENEAU R., TABART et BOUCHARDON. — Influence des aérosols pharmacodynamiques bronchomoteurs et vasomoteurs sur la sécrétion bronchique. *Paris Médical*, 1947, p. 341.
284. BOUCHARDON. — Recherches sur le rôle respectif des processus bronchomoteurs et vasomoteurs dans la production de la crise d'asthme. Thèse de Paris, 1945.

IMPRIMERIE • MAISON
DE LA BONNE PRESSE •

• S. A., 5, RUE BAYARD
PARIS 8^e — 1949-518

